

RAQUEL MENDONÇA ALVARENGA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO
E DA DESTILAÇÃO PARA ADEQUAÇÃO DOS
TEORES DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS EM
AGUARDENTE DE BANANA**

**Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte, MG
2011**

RAQUEL MENDONÇA ALVARENGA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO
E DA DESTILAÇÃO PARA ADEQUAÇÃO DOS
TEORES DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS EM
AGUARDENTE DE BANANA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito
parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência de
Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Evelyn de Souza Oliveira
Lopes

Co orientador: Prof. Helmuth Guido Siebald Luna

**Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte, MG
2011**

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos (PPGCA) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG.

Ao Laboratório de Análises de Bebidas e Vinagres (LANAGRO-MG/MAPA) da cidade de Andradas.

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

A Deus, pela vida e pelas oportunidades oferecidas.

Aos meus pais queridos, Luiz e Vera, que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as decisões importantes da minha vida. Só tenho que agradecer pelo amor incondicional, carinho e paciência a mim dedicados. Meu pai, grande exemplo de caráter, sempre me incentivando na docência e minha mãe pela dedicação a mim em todos os momentos e pelo grande exemplo de otimismo e alegria. Tudo que sou e conquistei é graças a vocês!

A minha irmã Letícia que sempre esteve acompanhando o trabalho, que a vida nos colocou em comum, acrescentando muitas sugestões. Obrigada por ser tão boa amiga e por fazer parte da minha vida!

Ao meu marido Luciano, exemplo de perseverança e profissionalismo. Obrigada pelo apoio, compreensão e pelos sonhos e valores compartilhados.

A minha orientadora professora Evelyn de Souza Oliveira Lopes. Agradeço pela confiança e respeito a mim oferecidos. Obrigada pela orientação, incentivo e amizade.

Ao meu co orientador Prof. Helmuth Guido Siebald, pela atenção e disponibilidade dos laboratórios do DEQ. Obrigada também pelas sugestões e correções de capítulos da tese.

Aos professores do Departamento de Ciência de Alimentos, em especial ao prof. Dr. David Lee Nelson pela ajuda nos textos em inglês, à professora Dra Lucia Helena Laboisiere, pela ajuda nos experimentos sensoriais e à professora Dra Maria Beatriz Abreu Glória pelo incentivo a participação de congressos. Obrigada aos demais professores do departamento pela contribuição em minha formação científica.

Ao coordenador do LANAGRO, Elson de Souza pela liberação do laboratório para realização das análises das aguardentes. Aos estagiários do LANAGRO: Cristiano e Rafael, pela ajuda na realização das análises químicas.

Aos amigos e companheiros de laboratório Ana Diolina e Dhionne pela grande ajuda durante os experimentos de produção das aguardentes e pela amizade, alegria e alto astral no convívio diário.

As amigas queridas doutorandas e mestrandas do LAMIB: Andrea, Lilian, Raphaella, Flavinha, Carla e Natália pela amizade durante o percurso do doutorado. Obrigada companhia e pelo carinho de vocês.

A amiga da UFT, Crislane, pela companhia e colaboração nas muitas análises das aguardentes.

Às amigas do LBqA: Juliana, Priscila, Adriana, Tarliane, Cecília e Aline, pela amizade durante todo o curso.

Aos membros da comissão examinadora, José Guilherme Lembi Ferreira Alves, Márcia Edilamar Pulzatto, Helmuth Guido Siebald, Accácia Júlia Guimarães Pereira Messano e Inayara Cristina Almeida Lacerda pela excelente contribuição e sugestões valiosas que contribuíram para a qualidade desta tese.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 BANANA.....	20
2.1.1 Características gerais, produção e importância econômica.....	20
2.1.2 Composição química da banana.....	21
2.2 BEBIDAS ALCOÓLICAS.....	24
2.2.2 Aguardente de Fruta	26
2.3 PROCESSAMENTO DA AGUARDENTE DE BANANA	28
2.3.1 Preparo do caldo.....	29
2.3.2 Fermentação	31
2.3.3 Destilação	33
2.4 COMPOSTOS VOLÁTEIS	36
2.5 CONTAMINANTES.....	39
2.6 ANÁLISE SENSORIAL.....	41
CAPÍTULO I.....	43
RESUMO	43
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
2.1 Material	46
2.2 Métodos	47
2.2.1 Avaliação do teor de açúcar inicial do mosto e da agitação dos frascos durante a fermentação do caldo de banana.....	47
2.2.2 Efeito da filtração e hidrólise enzimática da polpa de banana sobre o rendimento em etanol e produção de metanol durante a fermentação	48
2.2.3 Métodos Analíticos.....	49
2.2.4 Parâmetros cinéticos de fermentação	50
2.2.5 Análise estatística	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1 Avaliação do teor de açúcar inicial do mosto e da agitação dos frascos na fermentação de caldo de banana.....	52
3.2 Efeito da filtração e hidrólise enzimática da polpa de banana sobre o rendimento em etanol e produção de metanol na fermentação para produção de aguardente de banana.....	56
4. CONCLUSÕES.....	60
CAPITULO II.....	61
ABSTRACT	61
1. INTRODUCTION.....	62
2. MATERIAL AND METHODS	64
2.1. Source of bananas.....	64
2.2. Pre-treatment of banana samples.....	64
2.3. Microorganisms and inoculums preparation	65

2.3 Laboratory scale Fermentation	65
2.4. Analytical Methods	66
2.4.1. Determination of total reducing sugars (TRS)	67
2.4.2. Determination of total acidity.....	67
2.4.3. Determination of glycerol	67
2.4.4. Methanol and higher alcohol contents.....	68
2.4.5. Determination of ethanol and calculation of the kinetic parameters for fermentation.....	68
3. RESULTS AND DISCUSSION	69
3.1. Characterization of banana pulp and wine by different yeasts.....	69
3.2. Fermentation parameters, high alcohols and methanol	71
CAPÍTULO III	75
RESUMO	75
1 INTRODUÇÃO.....	77
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
2.1 Material	78
2.2 Métodos	79
2.2.1 Produção das Aguardentes	79
2.2.2 Análises físico químicas do caldo de banana e do caldo de banana fermentado (vinho).....	82
2.2.3 Análises nas aguardentes recém destiladas	83
2.2.4 Ensaio de Sorção.....	84
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.1 Processamento das aguardentes de banana	86
3.2 Análises das polpas e dos vinhos das aguardentes produzidas.....	87
3.3 Análises dos componentes secundários das aguardentes de banana produzidas e da aguardente comercial	89
3.4 Ensaio de Sorção.....	95
4 CONCLUSÕES.....	100
CAPÍTULO IV	102
RESUMO	102
1. INTRODUÇÃO.....	103
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	106
2.1 Material	106
2.2 Métodos	107
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
3.1 Processamento da aguardente de banana.....	109
3.2 Análises do caldo e do caldo fermentado de banana (vinho)	110
3.3 Análises dos componentes secundários nas frações obtidas	111
4. CONCLUSÕES.....	121
CAPÍTULO V	122
RESUMO	122
1. INTRODUÇÃO.....	123
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	124
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
3.1 Perfil do consumidor	126
3.2 Aceitação Sensorial	129
3.3 Teste de intenção de compra	133
4. CONCLUSÕES.....	136
CONCLUSÕES INTEGRADAS	137

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
APENDICES	Erro! Indicador não definido.
APENDICE A	Erro! Indicador não definido.
APENDICE B.....	Erro! Indicador não definido.
APENDICE C.....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

REVISAO DE LITERATURA

Tabela 1: Composição de alguns cultivares de banana (por 100g de polpa).....	22
Tabela 2 – Transformações químicas durante a maturação da banana prata.....	23
Tabela 3 – Limites de contaminantes permitidos em aguardente de cana.....	40

CAPITULO I

Tabela 1- Teores iniciais de ART utilizados nos ensaios de fermentação de polpa de banana.....	48
Tabela 2- Tratamentos realizados nas polpas antes da fermentação.....	48
Tabela 3 – Características dos caldos de banana após hidrólise enzimática e filtração...	52
Tabela 4 – Características dos caldos de banana fermentados (vinhos).....	53
Tabela 5 – Teores de metanol e alcoóis superiores nos caldos fermentados (vinho).....	54
Tabela 6 – Médias dos parâmetros fermentativos para os tratamentos avaliados.....	55
Tabela 7 – Características dos caldos de banana utilizadas na fermentação.....	57
Tabela 8 – Características das polpas de banana fermentadas (vinho).....	58
Tabela 9 – Médias dos parâmetros fermentativos (rendimentos em etanol, eficiência de conversão de açúcar em álcool e produtividade) das fermentações.....	59

CHAPTER II

Table 1 - Mean values for the final concentration of total reducing sugars (TRS), ethanol, final acidity, pH and glycerol content in the banana wine.....	70
Table 2 – Means of the fermentation parameters for selected yeasts and commercial pressed yeast.....	72
Table 3 – Methanol and higher alcohol contents in banana wine.....	72

CAPITULO III

Tabela 1 – Teores médios de etanol e ART inicial (ARTi) e ARTresidual (ARTr) médios nos caldos fermentados (vinhos de banana).....	87
Tabela 2 – Média das análises químicas das aguardentes de banana produzidas e da aguardente de banana comercial.....	89
Tabela 3 – Teores médios dos alcoóis n propanol, isobutanol e álcool isoamilico nas aguardentes de banana produzidas, aguardente de banana comercial e outras aguardentes de frutas.....	93

Tabela 4 – Teores médios de metanol encontrados nas aguardentes de banana produzidas, aguardente de banana comercial e em outras aguardentes de frutas.....	94
Tabela 5 – Teores de compostos secundários cobre e teor alcoólico nas aguardentes de banana submetidas aos ensaios de sorção.....	96
CAPITULO IV	
Tabela 1 - Características dos caldos e vinhos de banana utilizados na produção de aguardentes obtidas por destilação única e dupla.....	110
Tabela 2 – Concentração dos principais compostos secundários nas frações seqüenciais na destilação única.....	112
Tabela 3 – Concentração dos principais compostos secundários nas frações seqüenciais na destilação dupla.....	112
Tabela 4 - Cortes possíveis para se realizar no destilado obtido. Aguardente produzida por destilação única.....	120
Tabela 5 - Cortes possíveis para se realizar no destilado obtido. Aguardente produzida por destilação dupla.....	120
CAPITULO V	
Tabela 1 - Valores médios da aceitação da aguardente de banana e da aguardente de cana.....	130
Tabela 2 - Médias das notas de intenção de compra para aguardente de cana de açúcar e aguardente de banana.....	133

LISTA DE FIGURAS

REVISAO DE LITERATURA

Figura 1. Escala de Maturação de Von Loesecke.....	24
Figura 2 - Fluxograma do processamento de aguardente de banana.....	28
Figura 3- Degradação das substâncias pécicas.....	30
Figura 4: Esquema simplificado de alambique em Cobre.....	34

CAPITULO II

Figure 1- Schematic diagram of the experimental fermentation assays.....	66
--	----

CAPITULO III

Figura 1 – Fluxograma de produção das aguardentes de banana.....	80
Figura 2 – Matérias prima utilizadas na produção das aguardentes	87
Figura 3 – Teores médios de glicerol (g.L-1) encontrados nos mostos fermentado (vinhos de banana).....	88
Figura 4 – Teores médios de alcoóis superiores totais (mg.100 mL-1 de álcool anidro) nas aguardentes de banana produzidas e aguardente de banana comercial.....	91
Figura 5 – Teores de alcoóis superiores totais em aguardentes de fruta.....	92
Figura 6 – Teores de cobre das aguardentes submetidas aos ensaios de sorção com carvão ativo e nas amostras controle.....	97
Figura 7 – Teores de alcoóis superiores totais nas aguardentes de banana submetidas ao ensaio de sorção com carvão ativado e amostras controle.....	98

CAPITULO IV

Figura 1 –Perfil de saída de etanol e acidez volátil nas frações das destilações única e dupla.....	114
Figura 2: Perfil de saída de ésteres (em acetato de etila) e aldeídos (em acetaldeído) durante os processos de destilação única (a) e dupla (b).....	115
Figura 3: Teores de metanol nas frações coletadas durante a destilação única e dupla..	116
Figura 4: Perfil de saída dos ésteres, metanol e o teor alcoólico nas frações analisadas durante a destilação única.....	117
Figura 5: Perfil de saída dos alcoóis superiores (sec butílico, isobutílico, n propanol, n butílico e isoamílico) durante a destilação única (a) e dupla (b).....	118

CAPITULO V

Figura 1 – Ficha de avaliação das aguardentes utilizada no teste de aceitação.....	125
Figura 2 - Perfil sócio- demográfico dos consumidores.....	126
Figura 3: Informações sobre bebidas alcoólicas e aguardente de cana declaradas pelos consumidores.....	127
Figura 4 : Formas de consumo habituais de aguardente de cana pelos provadores avaliados no teste de aceitação.....	128
Figura 5: Declaração do consumidor em relação ao consumo de aguardente de frutas..	129
Figura 6 - Histograma de frequência das porcentagens de aprovação e rejeição em relação aos atributos avaliados.	131
Figura 7 - Histograma de frequência de notas para os atributos aroma, sabor e impressão global referente às amostras de aguardente de cana de açúcar e banana, respectivamente.	132
Figura 8 – Intenção de compra do consumidor ao avaliar sensorialmente aguardente de banana.....	134
Figura 9 -Histograma de frequência das porcentagens de aprovação e rejeição quanto à intenção de compra das aguardentes de cana de açúcar e de banana.	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGRIANUAL	Anuário Estatístico de Agricultura Brasileira
ANOVA	Análise de Variância
ART	Açúcares Redutores Totais
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CG	Cromatografia Gasosa
CEASA	Central de Abastecimento de Belo Horizonte
DNS	Dinitrossalicílico
FAFAR	Faculdade de Farmácia
g/L a.a.	gramas por litro de álcool anidro (álcool absoluto)
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABM	Laboratório Amazile Biagioni Maia
LAMIB	Laboratório de Microbiologia Industrial e Biocatálise
LANAGRO	Laboratório Nacional Agropecuário
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
NBR	Norma Brasileira
PDA	Potato Dextrose Agar (Ágar de Batata)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar as condições de fermentação e destilação na produção de aguardente de banana, visando à adequação dos compostos secundários em relação à legislação vigente. O potencial fermentativo de quatro linhagens de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* foi avaliado no caldo de banana. Avaliaram-se também a hidrólise enzimática da polpa de banana com enzimas pectinolíticas, a filtração da polpa hidrolisada e a agitação dos frascos em escala laboratorial durante a fermentação com diferentes teores iniciais de açúcares redutores totais (100, 120 e 150 g.L⁻¹). Foram produzidas aguardentes de banana prata e nanica em escala piloto com o mosto filtrado e não filtrado e realizados ensaios de sorção com carvão ativo nas aguardentes com o intuito de avaliar a redução de compostos voláteis indesejáveis. No estudo da destilação, foram realizadas destilações única e dupla, e foram quantificados os compostos secundários exigidos pela legislação brasileira, em nove frações ao longo do processo de destilação. A aguardente de banana produzida e uma aguardente de cana comercial foram avaliadas sensorialmente pelo teste de aceitação. Dentre as linhagens de leveduras avaliadas, os melhores resultados foram obtidos utilizando as linhagens Unicamp V1 e o fermento úmido comercial. Foi verificada a importância e necessidade da utilização das etapas de hidrólise enzimática e filtração da polpa de banana para aumento do rendimento em etanol e redução da formação de metanol e alcoóis superiores. Os maiores teores de açúcar utilizados (150 g L⁻¹) proporcionaram maior rendimento em etanol e eficiência de conversão de açúcares em álcool pelas leveduras. As aguardentes produzidas apresentaram compostos (metanol, alcoóis superiores e cobre) em quantidades acima do permitido pela legislação brasileira. O carvão ativo mostrou-se eficaz na redução de compostos tóxicos, porém deve ser usado com cautela, para que compostos orgânicos responsáveis pelo aroma e sabor da aguardente não sejam também removidos em quantidades que venham a depreciar a bebida. Dentre as técnicas de destilação avaliadas, os melhores resultados foram encontrados utilizando-se a destilação dupla. O teste de aceitação indicou a necessidade de melhorias na produção da bebida para obtenção de maior aceitação ou que sejam realizados testes com provadores que sejam consumidores habituais desse tipo de bebida destilada.

Palavras-chave: aguardente de banana, fermentação, destilação, compostos voláteis.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the conditions of fermentation and distillation in banana spirit production, aiming at the adequacy of secondary compounds in relation to legislation. The four yeast strains's fermentative potential was evaluated in banana juice. It also evaluated the steps in the production process: enzymatic hydrolysis, filtration and agitation of flasks during fermentation with different initial levels of reducing sugars (100, 120 and 150 gL⁻¹). Spirits were produced with two banana varieties (prata and nanica) in a pilot scale. Were conducted an sorption with a activated charcoal in order to evaluate the reduction of unwanted volatile compounds. In a distillation study, were tested single and double distillation, and the secondary compounds were quantified as required by Brazilian law, in nine fractions during the distillation process. The banana spirit produced were evaluated by sensory acceptance test. Among the yeast strains evaluated, the best results were obtained using the strain Unicamp V1 and wet pressed yeast. It was verified the importance and necessity of using the steps of enzymatic hydrolysis and filtration of banana pulp to increase the ethanol yield and reducing the formation of methanol and higher alcohols. The higher concentration of sugar used (150 g L⁻¹) showed better ethanol yield and efficiency of conversion of sugars into alcohol. Spirits produced compounds (methanol, higher alcohols, copper) in amounts above those permitted by Brazilian law. The activated charcoal was effective in reducing toxic compounds, but should be used with caution because compounds responsible for aroma and flavor of beverage are also removed in quantities that may detract the beverage. Among the two distillation techniques evaluated, the best results, with reduction of undesirable compounds in banana spirit, were found using the double distillation. The acceptance test results indicated the need of improvements the production of the banana spirit for greater acceptance or the tests be performed with panelists who are regular consumers of such spirit.

Keywords: banana spirit, fermentation, distillation, volatile compounds

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a utilização da banana como matéria-prima para a produção de aguardente é uma opção que pode contribuir para reduzir as perdas da fruta e aumentar a renda dos pequenos produtores. Para a produção da cachaça, os produtores precisam de instalações que não são utilizadas durante todo o ano, devido à sazonalidade de safra da cana-de-açúcar. As aguardentes de banana e outras frutas podem ser produzidas na entressafra da cana, nessas instalações, aproveitando parte das estruturas e tecnologia produtivas já existentes.

Além disso, a bebida tem boas chances de conquistar o mercado nacional e internacional, aproveitando o interesse crescente pelos destilados brasileiros no Brasil e em vários países, especialmente a cachaça. De acordo com dados da AMPAQ (Associação Mineira de Produtores de Cachaça de Qualidade), o estado de Minas Gerais é o primeiro produtor de cachaça de alambique do Brasil com cerca de 50% da produção nacional em 8,5 mil alambiques totalizando 230 milhões de litros/ano. A atividade movimenta R\$ 1,3 bilhão no mercado interno e gera 240 mil empregos (ESTADO DE MINAS, 2008).

A crescente demanda por produtos de qualidade e o imenso potencial de exportação que representa a aguardente, particularmente demonstrada nos últimos anos, tem colocado de forma clara a necessidade de se estabelecer padrões de qualidade bem definidos, bem como meios efetivos de controlar todo o processo de produção dessa bebida.

Apesar da importância econômica e social da aguardente brasileira, no que concerne a tecnologia de produção da aguardente de banana, existem poucos trabalhos científicos disponíveis (SILVA, 2004). Porém, as crescentes exigências do mercado têm estimulado mais estudos sobre a qualidade das bebidas destiladas (CARDELLO e FARIA 1998).

No Laboratório de Microbiologia Industrial e Biocatálise (LAMIB) da Faculdade de Farmácia da UFMG já foram desenvolvidos alguns trabalhos sobre o processamento e controle de qualidade de aguardente de frutas como a manga (ALVARENGA, 2006) e a banana (LARA, 2007).

No Brasil, alguns autores pesquisaram a produção de aguardentes de várias frutas. GUIMARAES FILHO (2003), SILVA et al. (2004) e SILVA et al. (2009) estudaram o processo produtivo de aguardente de banana. LARA (2007) avaliou o emprego de enzimas pectinolíticas e de fontes de nitrogênio na redução da formação de alcoóis superiores na

aguardente de banana. ALVES et al. (2008) produziram aguardente de goiaba, SALVIANO et al. (2007) produziram e avaliaram sensorialmente aguardente de jaca e CLETON & MUTTON (2004) produziram aguardentes de laranja e uva.

O Brasil ocupa o lugar de país destaque em relação à produção de frutas no cenário mundial. Está em quarto lugar na produção de banana e entre os principais países produtores de laranja, mamão, abacaxi, manga e uva (ALMEIDA, 2011). Segundo a FAO (2010) a produção mundial de banana está estimada em 81 milhões de toneladas dos quais 53% são provenientes da Índia, China e Brasil. Só em 2008, a safra de banana no Brasil chegou a 6.998.150 toneladas da fruta (IBGE, 2009).

Um dos muitos problemas dos pequenos produtores de frutas consiste no fato de que na hora da comercialização de sua produção, sobretudo para o mercado de consumo de frutas “in natura”, ocorre uma classificação das frutas, baseada em tamanho, forma, peso etc. Os lotes de melhor qualificação recebem preços mais elevados, e muitas vezes um lote que se enquadrou numa qualificação inferior foi assim classificado, devido a características visuais de tamanho e forma, sendo que estas frutas possuem características de boa qualidade e poderiam ser utilizadas na indústria, mostrando a necessidade de alternativas de industrialização simples, porém eficazes que permitam um melhor escoamento da produção. Dentre outras alternativas de industrialização para a banana, está a produção de aguardente de banana, na qual seria utilizada a banana em seu último estágio de maturação, aproveitando o excedente de produção.

Na produção de aguardentes de banana e de outras frutas, um dos problemas encontrados, é a grande formação de alcoóis superiores e metanol durante a fermentação. Em aguardentes de fruta, a formação destes compostos é bastante alta, conforme pode se observar em alguns trabalhos realizados utilizando frutas como a banana, manga, laranja, goiaba e uva para a produção de aguardentes (GUIMARAES FILHO, 2003; SILVA, 2004; CLETON & MUTTON, 2004; LOPES 2005; ALVARENGA, 2006; LARA, 2007; SILVA & NUNES, 2007; ALVES et al., 2008; SILVA et al, 2009). Alguns fatores podem favorecer a formação excessiva de tais compostos. A aeração durante a fermentação favorece a formação de alcoóis superiores. O mesmo efeito pode advir da presença de materiais porosos no mosto, que funcionam como fonte de oxigênio. No mosto de frutas, ocorre a formação durante a fermentação de uma camada espessa e porosa na superfície, possibilitando o acesso de oxigênio do ar ao mosto. Temperatura alta de fermentação

(acima de 29 °C) também é uma causa de aumento de alcoóis superiores na produção de aguardentes além de diminuição do rendimento (AMORIM, 1996; MAIA, 2006). Outro aspecto relevante a ser considerado em aguardentes de frutas é o teor de metanol, pois a elevada concentração de pectina presente nas frutas favorece a sua formação (KANA et al., 1991; GUIMARAES FILHO, 2003). Em diversos estudos já realizados com aguardentes de frutas foram observados altos teores de metanol na bebida, acima do permitido pela legislação brasileira vigente (BRASIL, 1974).

Diante do exposto, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar as condições de fermentação e destilação na produção de aguardentes de banana para adequação dos compostos secundários. E os objetivos específicos do trabalho foram:

- Verificar a influência de diferentes teores de açúcares redutores totais do caldo de banana e a agitação dos frascos durante a fermentação de polpa de banana na formação de alcoóis superiores, metanol e nos parâmetros fermentativos;
- Avaliar a influência da filtração e da hidrólise enzimática do mosto no processamento de aguardente de banana em relação aos parâmetros de fermentação e na formação de metanol;
- Avaliar o potencial fermentativo de linhagens de leveduras *Sacharomyces cerevisiae* e do fermento de padaria no caldo de banana e a formação de alcoóis superiores e metanol no caldo fermentado (vinho);
- Produzir aguardentes de banana das variedades prata e nanica e avaliar o uso do carvão ativo na redução de compostos secundários indesejáveis nas aguardentes;
- Determinar nas aguardentes produzidas em escala piloto e uma aguardente de banana comercial o perfil de compostos químicos dos grupos de alcoóis superiores, ácidos orgânicos, aldeídos e ésteres exigidos pela legislação brasileira;
- Avaliar a composição química de nove frações obtidas durante a destilação simples e dupla para obter uma bebida dentro dos padrões de compostos secundários exigidos pela legislação vigente;
- Avaliar a aceitação sensorial da aguardente de banana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BANANA

2.1.1 Características gerais, produção e importância econômica

A banana é a segunda fruta mais produzida no Brasil (IBGE, 2010) e a primeira mais consumida no mundo (EMBRAPA, 2009). Sobressai dentre as outras frutas pela sua riqueza nutricional. É extremamente rica em potássio, carboidratos e fibras solúveis, além de conter fósforo, cálcio, magnésio e vitaminas A, B e C. Destaca-se também pelo elevado teor de açúcares, pela multiplicidade de uso, excelente sabor e ampla aceitação entre todas as faixas etárias e níveis sociais. Entre os principais produtores mundiais, estão Brasil, Índia e China, que, juntos, produzem cerca de 50% do volume total. A produção anual brasileira, estimada entre 6 a 7 milhões de toneladas, concentra-se nos estados de São Paulo, Bahia, Santa Catarina, Minas Gerais e Pará, os quais produzem 56% desse total. A área cultivada anual é de cerca de 500 mil hectares, com geração de 3 milhões de empregos diretos. Noventa e nove por cento da produção destina-se ao mercado interno, com consumo de 31 kg por habitante ao ano (EMBRAPA, 2009).

A banana é produzida na maioria dos países tropicais. Ela é o quarto produto alimentar mais produzido no mundo, depois do arroz, trigo e milho, sendo cultivada em 130 países (IBRAF, 2008).

A bananeira é da família das musáceas, é cultivada em todos os estados brasileiros, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior (CEAGESP, 2007). Pertence ao gênero *Musa ssp*, que ocupa lugar de destaque no universo de vegetais úteis ao homem (MEDINA, 1985). Entretanto, certos fatores climáticos, como a temperatura e o regime de chuvas, impõem limites à cultura e isso faz com que ela se concentre nos estados da Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Pará e Minas Gerais (CEAGESP, 2007).

As características peculiares de aroma e sabor fazem da banana uma fruta muito apreciada pela grande maioria da população, desde as classes mais baixas até aquelas de grande poder aquisitivo. Ela é consumida tanto na forma *in natura* quanto como de seus produtos processados (EMBRAPA, 2007; CANO *et al*, 1997).

O consumo da banana no mundo representa cerca de 37% do total de frutas comercializadas. O Brasil é o quarto maior produtor mundial, perdendo para a Índia, China e Filipinas e sua cultura é encontrada em quase todos os estados (SILVA et al., 2003). Além disso, a banana é uma fruta que produz o ano todo possibilitando que seja fornecida ao mercado com a regularidade que é requerida (TEIXEIRA, 2004). A produtividade média da banana é de 17400 kg/ha/ano no primeiro ano. Esta produtividade aumenta ano a ano até atingir a fase estável de produção chegando a 78.300 kg /ha/ano (AGRIANUAL, 2002).

As perdas pós colheita são consideradas como o principal agravante da bananicultura, atingindo volumes expressivos (GODOY, 2010). O elevado índice de perdas desde a produção até a comercialização de banana no Brasil faz com que apenas uma parcela, entre 50 a 60% da produção, chegue à mesa do consumidor (MASCARENHAS, 1999). Infelizmente, o desperdício na produção de frutas é uma regra no Brasil. Sob o aspecto de superprodução e aproveitamento das safras frutícolas brasileiras, são observadas algumas necessidades para que o montante de perda seja atenuado. Dados estatísticos relatam que os volumes perdidos, em relação às frutas tropicais estão próximos de 30% no Brasil (VENTURINI, 2009). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2009, a safra de frutas foi de 15,743 milhões de toneladas e a perda média foi estimada em 28%, que correspondem a mais de 4,4 milhões de toneladas. Segundo SILVA et al. (2003), os desperdícios anuais da produção para banana são estimados em 40 %. ALMEIDA & SILVA (2008) constataram perdas de 3,3 e 1,7 e na faixa de 0% a 2,1% em propriedades rurais, no mercado livre do produtor e no segmento varejista, respectivamente.

2.1.2 Composição química da banana

A composição e o valor nutricional de bananas podem ser influenciados pelo local de cultivo, condições climáticas, tratamentos culturais, nutrição, manejo de pragas e doenças, colheita e variedade utilizada (GODOY, 2010). O aroma da banana é destacado pelos compostos acetato de isoamila, butirato de isoamila, isobutirato de isoamila e isovalerato de isoamila (NASCIMENTO JUNIOR, 2008).

Entre os componentes químicos mais importantes da banana estão cerca de 19 a 25 % de sólidos solúveis e dentro deste total com 18 a 20% de carboidratos. A banana verde contém perto de 17,5 a 25,9% de amido que durante o amadurecimento do fruto é

transformado em açúcares solúveis, estando presentes na banana a sacarose, glicose e frutose. Os lipídios têm um valor inferior a 0,5% e as proteínas com concentração entre 0,9 a 1,5% do conteúdo da polpa; os componentes minerais representam de 0,8 a 1,2%, dominando os sais de fósforo, potássio e magnésio. As vitaminas mais importantes são a tiamina (vitamina B1) e a riboflavina (vitamina B2) (SALDANHA, 1986). A composição química geral de algumas variedades de banana está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Composição de alguns cultivares de banana (por 100g de polpa).

Composição	Banana Maçã	Banana Nanica	Banana Ouro	Banana Prata
Umidade	75,2	73,8	68,2	71,9
Energia (kcal)	87,0	92,0	112,0	98,0
Proteínas (g)	1,8	1,4	1,5	1,3
Lipídeos (g)	0,1	0,1	0,2	0,1
Carboidratos (g)	22,3	23,8	29,3	26
Fibras (g)	2,6	1,9	2,0	2,0
Cinzas (g)	0,6	0,8	0,8	0,8
Cálcio (mg)	3,0	3,0	3,0	8,0
Magnésio (mg)	24,0	28,0	28,0	26,0
Manganês (mg)	0,6	0,14	0,09	0,42
Fósforo (mg)	29,0	27,0	22,0	22,0
Ferro (mg)	0,2	0,3	0,3	0,4
Sódio (mg)	Tr	Tr	Tr	Tr
Potássio (mg)	264,0	376,0	355,0	358,0
Cobre (mg)	0,11	0,10	0,08	0,05
Zinco (mg)	0,1	0,2	0,3	0,1
Retino (mcg)	NA	NA	NA	NA
Tiamina (mg)	Tr	Tr	Tr	Tr
Riboflavina (mg)	Tr	0,02	Tr	0,02
Piridoxina (mg)	0,14	0,14	0,14	0,10
Vitamina C (mg)	10,5	5,9	7,6	17,3

NA: não aplicável; Tr: traços.

FONTE: Adaptado de NEPA-UNICAMP (2006).

Observando a Tabela 1, pode-se notar que a banana é uma boa fonte de energia, sais minerais como potássio e o magnésio e possui razoável conteúdo de vitaminas.

A banana verde contém um alto teor de amido (em torno de 20%), que durante a maturação, se converte pela enzima amilase (presente naturalmente na fruta) em açúcares - com predominância em glicose e frutose – encontrados na proporção de 10 a 12%, além de outros açúcares presentes em menor quantidade. Há um decréscimo dos carboidratos totais durante o amadurecimento, devido à utilização de parte da glicose na respiração (SALDANHA, 1986). Algumas transformações químicas ocorrem durante a maturação da banana. As transformações químicas durante a maturação na variedade prata estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Transformações químicas durante a maturação da banana prata.

Grau de maturação (escala visual)	Sólidos solúveis (%)	Acidez (ácido málico)	Amido (%)	Açúcares redutores	Açúcares não redutores	Açúcares totais
Muito Verde	3,4	0,25	23,30	-	-	-
Verde	9,0	0,48	19,80	5,4	1,1	6,5
Amarelo-Verde	23,5	0,57	7,90	15,6	3,4	18,9
Maduro	26,9	0,67	2,90	15,7	4,7	20,4
Muito maduro	26,0	0,52	0,63	16,2	6,5	22,7

Fonte: SALDANHA, 1986.

A coloração da casca é um bom indicador do estágio de maturação e esta pode ser classificada por diferentes indicadores. A Escala de Maturação de *Von Loesecke* descreve indicadores que variam de um a sete conforme a Figura 1.

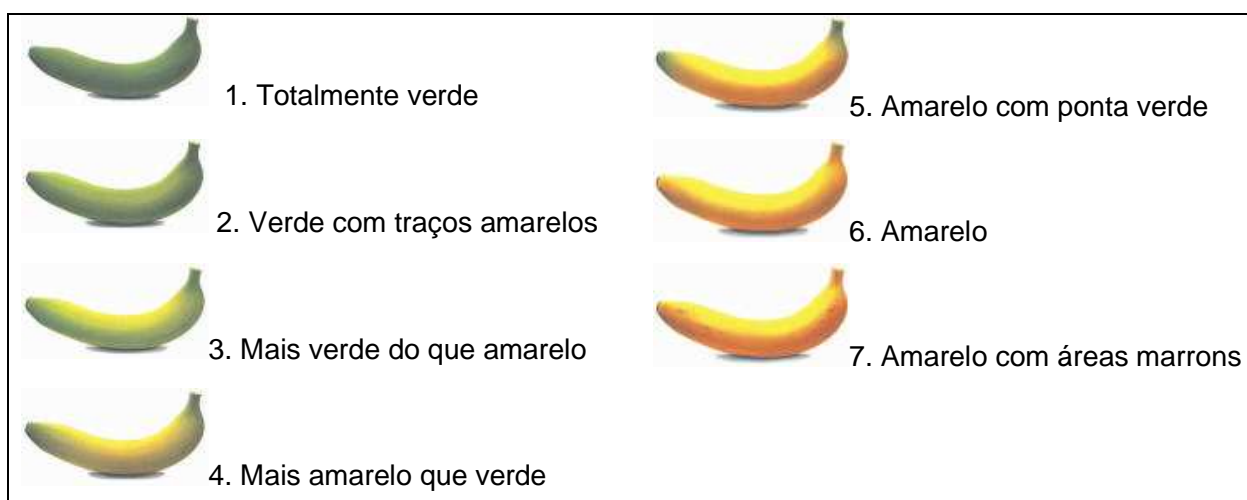


Figura 1. Escala de Maturação de *Von Loesecke*. Fonte: CEAGESP, 2007.

Dentre as frutas disponíveis no Brasil que podem ser utilizadas na elaboração de bebidas fermento-destiladas (aguardentes), a banana se destaca devido a sua abundância e concentração relativamente elevada de açúcares fermentescíveis (SILVA et al., 2003). Além dos açúcares fermentescíveis, a polpa rica em nutrientes também faz a banana ser de grande interesse para produção de produto fermentado (BROOKS, 2008).

Para a elaboração de aguardente, as bananas utilizadas devem estar em estágio avançado de maturação, pois assim estarão desenvolvidas todas as características de aroma e sabor e as frutas terão a maior quantidade de açúcar possível (SILVA et al., 2003). Assim, a fruta utilizada para o preparo de aguardente é aquela que se enquadra no indicador 7 da escala de maturação.

2.2 BEBIDAS ALCOÓLICAS

No Brasil, a bebida alcoólica é definida como um produto refrescante, aperitivo ou estimulante destinado à ingestão humana no estado líquido, sem finalidade medicamentosa e contendo mais de meio por cento em volume de álcool etílico a 20 °C. É exigido ainda que o álcool etílico seja potável e obtido por fermentação ou por destilo-retificação de mosto fermentado (BRASIL, 1997).

As bebidas alcoólicas são classificadas segundo a legislação brasileira em: fermentadas (cerveja e vinho), por misturas (licor, amargo e aperitivo, aguardentes composta

e bebidas mistas), destiladas (cachaça, rum, uísque e conhaque) e destilado-retificadas (vodca e gim) (AQUARONE et al., 2001). As aguardentes de frutas são bebidas alcoólicas destiladas e também chamadas fermento-destiladas.

As bebidas fermento-destiladas, como as aguardentes de fruta, têm como principal característica o teor alcoólico bem superior ao de bebidas fermentadas. Além do etanol, outros compostos secundários estão presentes e são os principais responsáveis pelo sabor característico destas bebidas. São esses compostos secundários, também chamados compostos voláteis ou congêneres, que diferenciam e definem as características das diversas bebidas fermento-destiladas, sendo, portanto, os determinantes de sua qualidade (JANZANTTI, 2004).

O sabor das bebidas alcoólicas é formado por inúmeros compostos orgânicos voláteis que lhe conferem odor e gosto típico. Esses compostos podem ser divididos em vários grupos de acordo com sua natureza química. Álcoois superiores, ácidos graxos e ésteres formam quantitativa e qualitativamente os grupos mais importantes presentes nas bebidas alcoólicas, sendo os álcoois superiores os mais abundantes (LEHTONEN e JOUNELA-ERIKSSON, 1983; BERRY, 1995). No caso das aguardentes de frutas, são muitos os compostos fixos e voláteis que determinam o sabor e aroma do produto final. Alguns tipos de aguardentes de frutas mencionados na legislação são o slivowicz, mirabella, estsch (de ameixas); kirchs, (de cereja); calvados (de maçã); peach brandy (de pêsego) e pear brandy (de pêra) (AQUARONE et al., 2001).

Com relação ao mercado consumidor brasileiro, segundo CRISPIN et. al. (2000) a cerveja é a bebida preferida dentre as demais, com 66% da preferência, seguida pela aguardente de cana, com 18%, o conhaque e o uísque com 5% cada, os vinhos com 4% e a vodca com 2%.

Hoje, a aguardente de cana é a terceira bebida destilada no mundo, com cerca de 5 mil marcas, 30 mil produtores no Brasil e volume anual em torno de 1,3 bilhão de litros. As exportações de cachaça, hoje em torno de 15 milhões de litros e um crescimento médio de 10% ao ano, devem fechar a década superando o volume previsto de 42 milhões de litros, número ainda pequeno se comparado à produção, mas com enorme potencial a ser explorado, considerando-se as tendências e o já comprovado sucesso da bebida no mundo (ABRABE, 2010). Em face ao grande potencial de crescimento da aguardente de cana no Brasil e no mundo, as aguardentes de fruta têm grande chance de conquistar o mercado.

2.2.2 Aguardente de Fruta

Segundo o Ministério da Agricultura, a aguardente de fruta é a bebida com graduação alcoólica de trinta e seis a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela destilação de mosto fermentado de fruta. A destilação deverá ser efetuada de forma que o destilado tenha o aroma e o sabor dos elementos naturais voláteis contidos no mosto fermentado, derivados dos processos de fermentação ou formados durante a destilação. A bebida deverá ser elaborada com a matéria-prima que corresponda ao nome do produto. O coeficiente de congêneres não poderá ser inferior a duzentos miligramas por cem mililitros e nem superior a seiscentos e cinquenta miligramas por cem mililitros em álcool anidro (BRASIL, 1997).

Aguardentes de fruta são bebidas destiladas compostas principalmente de água e etanol. Entretanto, há centenas de outros componentes os quais são responsáveis pelas características sensoriais da bebida. Os alcoóis superiores e os ésteres são os dois principais grupos de compostos responsáveis pelo aroma deste tipo de bebida (GARCIA-LLOBODANIN, 2008).

De acordo com a Portaria 371 de 1974, para aguardentes de fruta, as impurezas totais voláteis “não álcool” (soma de aldeídos, ácidos voláteis, ésteres, furfural e alcoóis superiores) não poderão ser inferior a 0,200 g e nem superior a 0,650 g por 100mL de álcool anidro. Especificamente essas impurezas deverão obedecer os seguintes limites: acidez volátil em ácido acético não deve ser superior a 0,100 g/100 mL de álcool anidro; ésteres em acetato de etila não devem ser superiores a 0,250 g/100mL de álcool anidro; aldeídos em aldeído acético não superiores a 0,030 g/100mL de álcool anidro; furfural não deve ser superior a 0,005 g/100mL de álcool anidro e o total de alcoóis superiores não deve ser maior que 0,300 g/100mL de álcool anidro (BRASIL, 1974).

Já para aguardente de cana-de-açúcar a Instrução Normativa Nº 13, de 29 de Junho de 2005, é que regulamenta os teores máximos dos compostos secundários, a saber: soma dos alcoóis isobutílico (2 metil propanol), isoamílicos e n-propílico (1-propanol) tem limite máximo de 360 mg/100 mL em álcool anidro; 200 mg/100 mL em álcool anidro para ésteres em acetato de etila, 150 mg/100 mL em álcool anidro para acidez volátil expressa em ácido acético; 30 mg/100 mL para aldeídos totais em acetaldeído e de 5 mg/100 mL para soma de furfural e hidroximetilfurfural. Com relação aos contaminantes não podem estar presentes

em quantidades superiores aos seguintes limites máximos: 20,0 mg/100 mL de álcool metílico; 150µg/L de carbamato de etila; 5mg/100mL em acroleína; 10mg/100mL em álcool séc butílico; 3mg/100mL de álcool n-butílico. Para os contaminantes inorgânicos, estes não podem estar presentes em quantidades superiores a 5mg/L para cobre; 200µg/L para chumbo e 100µg/L para arsênio (BRASIL, 2005).

Na literatura são encontrados alguns trabalhos sobre aguardentes de frutas. A produção de aguardente de banana foi estudada por ALMEIDA & VALSECHI (1949), por SILVA (2004), por GUIMARAES FILHO (2003), por LARA (2007) e por SILVA et al (2009). Os autores avaliaram o processo produtivo de aguardente de banana e encontraram nas bebidas obtidas, altos índices de metanol, alcoóis superiores e elevada acidez. Além destes, alguns autores encontraram elevados teores de cobre nas aguardentes produzidas.

A produção de aguardente de manga foi estudada por SIMÃO (2005) e por ALVARENGA (2006). Em ambos os trabalhos alguns compostos como os alcoóis superiores apareceram em excesso no destilado obtido. Além dos alcoóis superiores, ALVARENGA (2006) também encontrou elevado teor de cobre na bebida obtida.

CLETON & MUTTON (2004) avaliaram o efeito da adição de lecitina aos mostos de laranja e uva sobre o rendimento em etanol e composição das aguardentes obtidas dessas frutas. ALVES et al. (2008) avaliaram o rendimento e custo de aguardente obtida a partir de mosto de goiaba. Os autores obtiveram aguardentes com excesso de alcoóis superiores e metanol. NUNES e SILVA (2007) produziram e caracterizaram aguardentes de abacaxi, caju e manga e encontraram também altos teores de alcoóis superiores nas bebidas obtidas.

Também se encontra na literatura trabalhos referentes à produção de aguardentes de pêra (GARCIA-LLOBODANIN, 2008) de mandioca (FERREIRA et al., 2005) de jaca (SALVIANO et al., 2007), de melão (SOUFLEROUS et al. 2003) e de casca de jabuticaba (ASQUIERI, 2009).

Além de bebidas destiladas de frutas, foram encontrados na literatura bebidas fermentadas a partir de frutas como melancia (OMOYA & AKHARAIYI, 2008), banana (ARRUDA et al., 2003), kiwi (BORTOLINI et al., 2001), cajá (DIAS et al., 2003), jabuticaba (SILVA et al., 2008), abacaxi (ARAUJO et al., 2009), acerola (SANTOS et al., 2005), ata, ciriguela e mangaba (MUNIZ et al., 2002) entre outros.

2.3 PROCESSAMENTO DA AGUARDENTE DE BANANA

Os processos de produção de aguardente de banana encontrados na literatura são bastante semelhantes, sendo as principais etapas apresentadas no fluxograma da Figura 2.

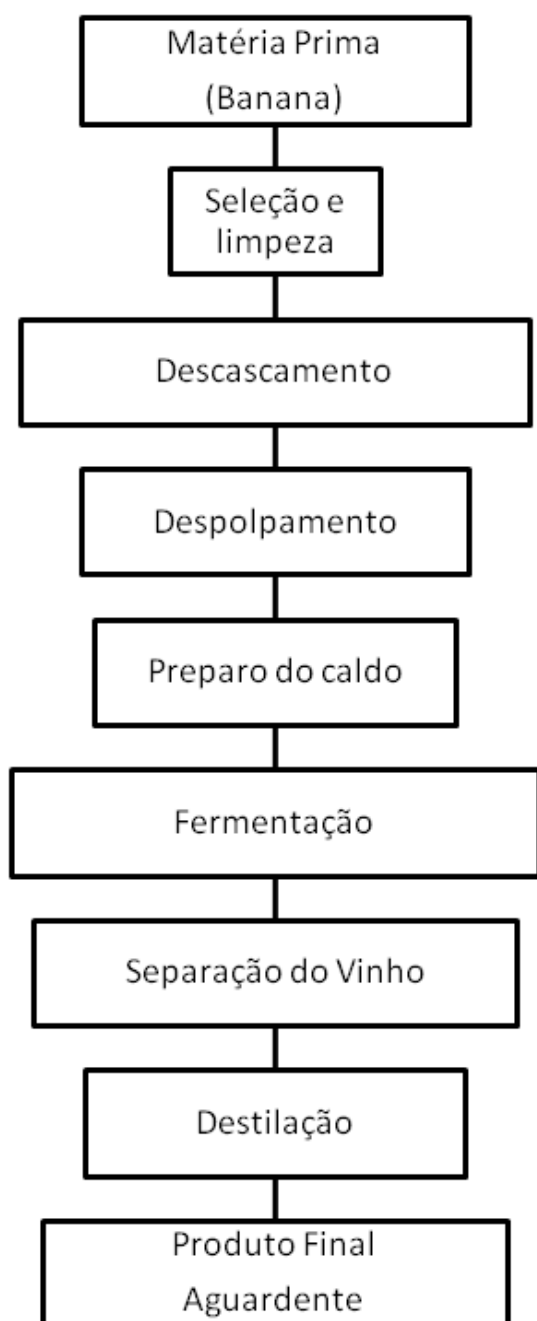


Figura 2 - Fluxograma do processamento de aguardente de banana.
Fonte: Adaptado de LARA (2007) e GUIMARAES FILHO (2003).

O preparo do caldo, a fermentação e a destilação destacam-se como etapas mais importantes do processamento.

2.3.1 Preparo do caldo

Após a obtenção da polpa de banana, a mesma deve ser hidrolisada com o auxílio de enzimas pectinolíticas, a fim de se diminuir a viscosidade da polpa e aumentar o rendimento da extração do caldo. Após a hidrólise, o caldo (polpa hidrolisada) deve ser diluído com água destilada para obtenção de um teor de sólidos solúveis de aproximadamente 15° Brix, o pH deve ser ajustado para valores na faixa de 4,5 a 5,5 a fim de favorecer a fermentação pelas leveduras *Saccharomyces cerevisiae* (MAIA, 2005).

2.3.1.1 Hidrólise Enzimática

A hidrólise enzimática acarreta a diminuição da viscosidade da polpa, aumenta o rendimento de extração do caldo e conseqüentemente o rendimento em etanol da fermentação alcoólica. As enzimas comumente utilizadas são as pectinases (ALVARENGA, 2006; LARA, 2007).

A adição de enzimas hidrolíticas em polpas de fruta já é uma tecnologia muito usada na obtenção de sucos de frutas. A introdução de um sistema enzimático de extração de sucos de frutas minimiza expressivamente a eliminação de resíduos sólidos de natureza péctica, principal responsável pela elevada retenção de água nos sistemas de extração convencionais. O objetivo da tecnologia de liquefação enzimática é degradar os polissacarídeos da parede celular liberando os compostos solúveis, em especial o ácido D-galacturônico e os açúcares neutros (GRASSIN & FAUQUEMBERGUE, 1996).

As pectinases formam um grupo de enzimas que degradam substâncias pécticas, hidrolisando ligações glicosídicas ao longo da cadeia carbônica (UENOJO & PASTORE, 2007). As preparações de pectinases contêm pelo menos seis enzimas que hidrolisam a pectina em diferentes sítios da molécula. As pectinases são classificadas de acordo com o ponto de ataque na molécula (OLIVEIRA, 2000). As enzimas se dividem em dois grupos: pectinesterases e despolimerases, estas últimas subdivididas em hidrolases e liases. A pectinesterase (PE) catalisa a desesterificação das unidades de metil-D-galacturonatos da

pectina, resultando em ácido poligalacturônico, metanol e íons hidrogênio, oriundos da ionização dos grupamentos carboxílicos formados. As enzimas despolimerases catalisam a quebra da cadeia de pectina, pelo rompimento das ligações glicosídicas α -(1,4), sendo as hidrolases poligalacturonases (PG) responsáveis pela hidrólise destas ligações, enquanto as liases (pectinaliases e pectatoliases) atuam por β -eliminação. As pectinas e pectato liases degradam o substrato pelo mecanismo de transeliminação, sendo os produtos finais o ácido galacturônico insaturado e saturado com extremidade redutora. As pectinas liases (PL) atuam sobre as pectinas de elevado conteúdo éster-metílico e as pectatos liases agem sobre as substâncias pécticas com baixo grau de esterificação (VALLE, 2000). A Figura 3 mostra o mecanismo de degradação das substâncias pécticas.

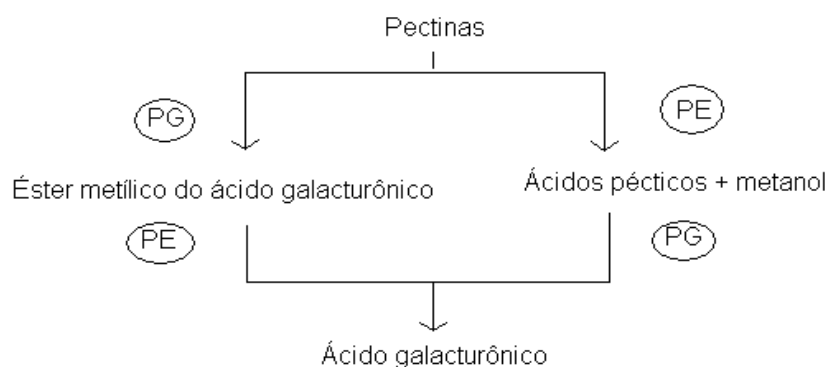


Figura 3- Degradação das substâncias pécticas.
Adaptado de LEME JÚNIOR, 1968.

Em produção de suco de maçã (OLIVEIRA et al. 2006) concluíram que o tratamento com complexos enzimáticos (*Ultrazyn AFP-L e Pectinex*) na polpa de maçã foi mais efetivo no rendimento e liquefação quando comparado a processos tradicionais de prensagem. As melhores condições observadas pelos autores foram com $0,1 \text{ mL.Kg}^{-1}$ à temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e tempo 75 min. Apesar da melhoria de rendimento e fluidez do suco, o suco obtido por tratamento com o complexo apresentou-se mais ácido e com maiores teores de cinzas e nitrogênio. ALVARENGA (2006) utilizou dois tipos comerciais de preparado enzimático contendo pectinases (*Allizin PP e Pectinex Ultra SP*) em diferentes concentrações, tempos e temperaturas. A autora concluiu que não houve diferenças significativas no rendimento entre os dois complexos enzimáticos e a concentração de 500 ppm de enzima proporcionou

rendimento satisfatório na extração do suco de manga. Com a *Pectinex Ultra SP*, a condição ideal de hidrólise foi 35 °C por 60 min e com a Allizin PP foi 45 °C por 50 min. A autora ainda observou que o tratamento enzimático aumentou de 60 a 70 % o rendimento de suco extraído da fruta. LARA (2007) utilizou o complexo enzimático *Pectinex Ultra SP* na concentração de 0,025% para hidrolisar polpa de banana da variedade prata na produção de aguardente de banana. Em ambos os trabalhos de produção de aguardentes de manga e banana as autoras sugeriram que os altos teores de metanol encontrados nas bebidas obtidas provavelmente foram devidos a utilização da hidrólise enzimática efetuada na polpa durante o processamento.

2.3.2 Fermentação

A habilidade de converter açúcares em etanol é chamada de fermentação alcoólica e é característica de um pequeno grupo de micro-organismos, sendo, principalmente, das leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Kluyveromyces marxianus* e a bactéria *Zymomonas mobilis* (CARDOSO, 2001).

Assim, como na produção de aguardente de cana-de-açúcar, a fermentação é uma das principais etapas na obtenção da aguardente de fruta. Durante a fermentação o açúcar e outros substratos presentes no mosto são transformados em etanol, CO₂ e uma infinidade de outros compostos pelas leveduras presentes. Estes compostos são responsáveis pelo sabor das bebidas alcoólicas.

O processo fermentativo se inicia assim que a levedura entra em contato com o mosto e é dividido em 3 fases: a fase preliminar (pré-fermentação), caracterizada pela adaptação das leveduras e pela multiplicação celular; a fase da fermentação principal e tumultuosa com desprendimento abundante de gás e produção de etanol e fase de fermentação complementar ou pós-fermentação, onde se observa a redução brusca da atividade fermentativa (CLETON & MUTTON, 2004).

As leveduras utilizadas na fermentação alcoólica para produção de bebidas devem apresentar características como alta tolerância ao etanol e bom rendimento, fermentar rapidamente o meio diminuindo assim o risco de contaminações; produzir melhor concentração e balanço de compostos secundários desejáveis para a qualidade da bebida;

apresentar estabilidade genética e no final da fermentação ser removida com facilidade do meio por floculação ou centrifugação (OLIVEIRA, 2001).

2.3.2.1 Leveduras selecionadas

O melhoramento da qualidade de bebidas fermentadas passa necessariamente, pela seleção de uma ou mais linhagens apropriadas, como ocorre na produção de vinhos (QUEROL et al., 1992). O uso de leveduras iniciadoras permite maior controle microbiológico do processo e assegura um grau de estabilidade necessário para garantir que a qualidade do produto final seja semelhante em toda a safra (LONGO et al., 1992). Além disso, o uso de linhagens selecionadas tem a vantagem de fornecer um início mais rápido da fermentação, desta forma evitando-se os riscos de contaminação apresentados na fermentação espontânea, ocasionando também o aumento do rendimento e melhor qualidade do produto final (SANNI & LONNER, 1993).

O desempenho do processo fermentativo é significativamente afetado pela linhagem da levedura (BASSO, 1996). As leveduras utilizadas na fabricação de bebidas alcoólicas geralmente são linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*, exceto nas fermentações naturais onde um grande número de outras espécies pode estar envolvido (REED & NAGODAWITHANA, 1991). As linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* são consideradas as mais importantes na obtenção de álcool, embora na elaboração de aguardente de cana artesanal sejam encontradas leveduras de outras espécies como *Candida apícola*, *C. guillermondi*, *C. famata*, *Pichia subpelliculosa* entre outras (PATARO, 2000; OLIVEIRA, 2001). *Saccharomyces cerevisiae* também é a levedura dominante nas fermentações espontâneas para produção de vinhos (CONSTANTI et al, 1997). A escolha das leveduras para a fermentação alcoólica é de fundamental importância, pois ela é uma das principais responsáveis pela formação dos compostos voláteis desejáveis que conferem a qualidade da bebida (OLIVEIRA, 2001).

OLIVEIRA (2001) utilizando diferentes linhagens de leveduras na fermentação de caldo de cana para produção de cachaça, observaram a formação de grupos distintos entre as leveduras com relação a formação de compostos secundários. Os diferentes grupos, além de apresentarem um perfil distinto na formação dos compostos secundários, também

apresentavam diferentes rendimentos em etanol, e eficiência de conversão de açúcares em etanol entre as linhagens avaliadas.

De acordo com SCHWAN et al (2001), de oito cepas de *Saccharomyces cerevisiae* da coleção do laboratório de Microbiologia da UFLA que sobressaíram em testes fermentativos, três predominaram por 26 dias dominando o processo de fermentação espontânea de caldo de cana de açúcar em produção semi industrial. As mesmas linhagens submetidas em testes em alambique comercial foram resistentes a competição com a microbiota natural existente, decorrendo em aumento na produtividade e na qualidade da bebida produzida, principalmente em relação à concentração de alcoóis superiores. CAMPOS (2003) comparou as três cepas finais deste estudo e verificou que a mais indicada a ser utilizada para produtores de cachaça de alambique de Minas de Gerais seria a cepa CA-116. Em produção de aguardente de banana, GUIMARAES FILHO (2003) utilizou a cepa CA-1174, levedura selecionada a partir da uva. Em seu trabalho obteve bom rendimento, entretanto observou teores de compostos secundários fora dos padrões exigidos pela legislação, principalmente alcoóis superiores.

2.3.3 Destilação

Após fermentação, o caldo de banana fermentado, também denominado vinho de banana, segue para etapa de destilação.

A destilação é uma técnica muito antiga, usada pelos chineses há muito tempo atrás, 3000 anos A.C., sendo que inicialmente, o líquido obtido, era utilizado para fins medicinais e na produção de perfumes, chamado *alcohol* pelos árabes. Os árabes, durante a invasão da Europa no século VI, difundiram a técnica de destilação, que foi continuamente melhorada em relação à técnica e equipamentos de destilação por monges e por alquimistas. Arnouldus Villanouus (1235-1315), na França, foi o primeiro que adaptou as técnicas árabes à palavra *alcohol* e descreveu a destilação de vinho, a qual obteve um produto que ele denominou *eau-de-vie* ou água da vida (LEAUTE, 1990).

No processo de elaboração de bebidas alcoólicas, a etapa de destilação separa, seleciona e concentra pelo uso do calor a fração dos componentes oriundos da fermentação do mosto. Assim, a composição das bebidas depende em grande parte da forma pela qual é conduzida a etapa de destilação (SUOMALAINEN, 1971).

Os aparelhos de destilação usados na elaboração de bebidas destiladas são, em sua maioria, constituídos de cobre. O cobre, metal bastante maleável, é resistente ao desgaste físico, bom condutor de calor, e apresenta grande influência na formação de sabor e aroma do produto final (FARIA et al, 2003). A utilização de alambiques de cobre é muito difundida na obtenção de destilados, devido à facilidade de manipulação, solidez mecânica e a durabilidade do material (VENTUTINI, 1987). As razões para seu uso são controvertidas, alguns autores atribuem ao cobre um papel de catalisador durante o processo de destilação da aguardente (FARIA, 1982; VENTUTINI, 1987). A ausência de cobre no destilador pode produzir um defeito sensorial com aroma sulfurado no produto final (FARIA, 1982). Um modelo de alambique simples e fabricado em cobre, utilizado por produtores de aguardentes de cana, está mostrado na Figura 4.

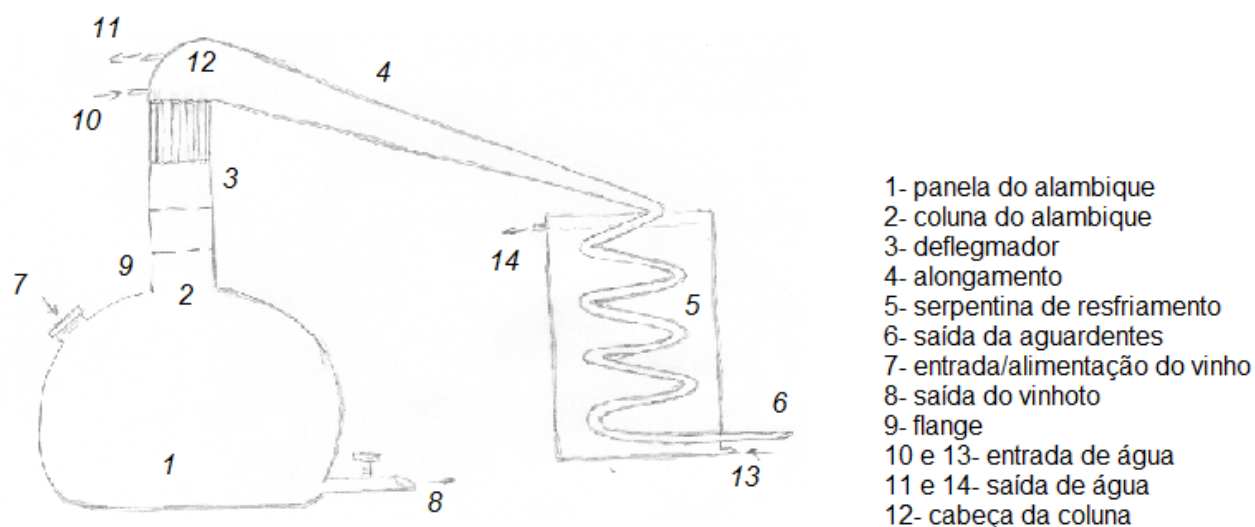


Figura 4: Esquema simplificado de alambique em cobre.
 FONTE: A autora

A alimentação do alambique é feita no recipiente denominado “panela”, onde é adicionado o mosto fermentado ou vinho. Este é aquecido até entrar em ebulição. O vinho em ebulição vai sendo evaporado e sobe para cabeça do alambique seguindo pela longa. Após resfriamento inicial na cabeça do alambique, sofre condensação na serpentina de resfriamento onde, na saída, o destilado é coletado.

Os compostos voláteis destilam segundo três critérios: ponto de ebulição, afinidade com álcool/água e teor alcoólico no vapor durante a destilação, sendo que em função do grau de volatilidade, o destilado é dividido em três frações: cabeça, coração e cauda

(LÉAUTÉ, 1990). O metanol e o acetaldeído são destilados principalmente na fração cabeça e os alcoóis superiores nas frações coração e cauda. A destilação pode ser conduzida em alambiques ou destiladores de coluna de vários tipos e tamanhos (LUCENA, 1959).

A destilação em alambique simples é efetuada na fabricação artesanal de aguardente. O destilado “cabeça” corresponde às primeiras frações recolhidas na saída do alambique. O destilado de “coração” é a porção destilada que corresponde a aguardente. Já o destilado “cauda” é a última porção destilada, obtida quando a destilação é interrompida após obtenção da aguardente. A separação das frações do destilado é feita através de cortes, sendo os primeiros destilados denominado fração cabeça que corresponde a 10% do volume total teórico de destilado e que deve ser descartada. Em seguida recolhe-se a fração coração até que o grau alcoólico do destilado fique em torno de 42°GL. Logo em seguida começa a destilar a fração cauda.

Acrescenta ainda, que nesta etapa, a qualidade da aguardente depende fundamentalmente da composição do vinho encaminhado à destilação; da geometria do alambique, para assegurar um nível de refluxo que permita a separação adequada dos componentes secundários e da habilidade do operador para efetuar os cortes nos momentos adequados. Uma correta separação, durante a destilação das frações cabeça, coração e cauda, contribui para melhorar a qualidade do produto, minimizando os metabólitos tóxicos (MAIA, 1994).

De acordo com LÉAUTÉ (1990), durante a destilação, os componentes voláteis podem ser classificados em cinco tipos, de acordo com a solubilidade e ponto de ebulição:

- Tipo 1 - possuem baixo ponto de ebulição e são solúveis em álcool; tais como acetaldeído (21 °C); acetato de etila (77 °C). A maioria destes componentes é separada no início da destilação. Sua concentração é muita alta na fração cabeça e no início da fração coração.
- Tipo 2 – apresentam ponto de ebulição relativamente alto e são completamente ou parcialmente solúveis em álcool. Os ácidos graxos e seus ésteres pertencem a esta categoria. Exemplos: caproato de etila (166,5 °C), capriolato de etila (208 °C) e laurato de etila (269 °C). São separados no início da destilação e alguns no meio da fração coração.
- Tipo 3 - possuem ponto de ebulição acima de 200°C, são solúveis em álcool e completamente ou parcialmente solúveis em água. Exemplos: alcoóis superiores; 1-

propanol, isobutanol, 2-metil-butanol e 3-metil-butanol. Estão presentes nas frações cabeça e coração.

- Tipo 4 – Têm ponto de ebulição acima de ponto de ebulição da água e são solúveis ou parcialmente solúveis em água. Exemplos: ácido acético (110 °C), 2-feniletanol, lactato de etila e succinato de dietila. Começam a ser destilados durante a metade da fração coração.
- Tipo 5 – Têm ponto de ebulição acima de ponto de ebulição da água e são muito solúveis em água. Exemplo: furfural (167 °C). A concentração destes compostos aumenta a partir da segunda metade da fração coração e na fração cauda.

Outra forma de se proceder à destilação de uma bebida é através de técnicas de bidestilação. Hoje a bidestilação é prática comum adotada na produção de bebidas como o uísque, o conhaque e o rum. O processo consiste em realizar duas destilações sucessivas, que podem ser efetuadas em um mesmo alambique ou em alambiques distintos. Esta técnica permite a obtenção de uma bebida mais padronizada com qualidade diferenciada das provenientes de uma única destilação.

2.4 COMPOSTOS VOLÁTEIS

As diferentes bebidas podem ser facilmente distinguidas sensorialmente. Estudos comparativos qualitativos e quantitativos de substâncias em diferentes bebidas alcoólicas mostram que, embora alguns compostos sejam peculiares de uma bebida particular ou tipo de bebida, em geral, os compostos responsáveis pelos sabores característicos, são bastante similares, independente da natureza da bebida. A maior diferença parece ser devida à concentração dos compostos voláteis nas diferentes bebidas, à contribuição de cada composto ao aroma total, às interações de odor e à alteração do *threshold* dos compostos em presença de etanol (JANZANTI, 2004).

Os compostos voláteis presentes nas bebidas alcoólicas, podem ser oriundos da matéria-prima usada na fabricação e que permanecem inalterados durante os processos de fermentação, destilação e envelhecimento (FARIA et al., 2003).

O sabor das bebidas alcoólicas é devido a inúmeros compostos orgânicos voláteis e não voláteis que conferem às bebidas seu sabor típico. Estes compostos podem ser

divididos em vários grupos de acordo com sua natureza química (LEHTONEN & JOUNELA-ERIKSSON, 1983; BERRY, 1995). Dentre estes compostos, podem ser citados os alcoóis superiores, os aldeídos, os ácidos graxos e os ésteres.

Alguns autores apontaram como fatores que mais influenciam no sabor de bebidas alcoólicas, as leveduras e as condições de fermentação (SUOMALAINEN & LEHTONEN, 1979; LAMBRECHTS & PRETORIUS, 2000).

Os alcoóis superiores são produtos metabólicos decorrentes do crescimento de leveduras e aproveitamento de aminoácidos como fonte de nitrogênio. Sua formação depende grandemente das condições do meio de fermentação, da quantidade e viabilidade do inóculo, da temperatura, do teor alcoólico final do vinho, entre outros fatores (LÉAUTÉ, 1990). Dependendo do equipamento e do processo de destilação, o teor no produto final pode variar bastante, tendendo a acumular até oito vezes o seu teor no vinho (LÉAUTÉ, 1990). A síntese de alcoóis superiores é estimulada por oxigênio, e está relacionada linearmente ao crescimento da levedura (QUAIN, 1988). Os alcoóis superiores são também formados, como produtos secundários do metabolismo de carboidratos. Já os aldeídos são intermediários na produção de alcoóis superiores, e condições que favorecem a produção de alcoóis superiores também favorecem a formação de pequenas quantidades de aldeídos (BERRY, 1983).

Em alguns trabalhos referentes à produção de aguardentes de frutas tais como banana, manga, laranja, e uva (GUIMARAES FILHO, 2003; ALVARENGA, 2004; SILVA, 2004; CLETON & MUTTON, 2004; LOPES 2005; LARA, 2006; NUNES & SILVA, 2007) os autores encontraram um alto teor de alcoóis superiores no produto, valores muito mais elevados do que o permitido pela legislação brasileira vigente.

De acordo com MAIA (1994), a aeração durante a fermentação favorece a formação de alcoóis superiores. O mesmo efeito pode advir da presença de materiais porosos no mosto, que funcionam como fonte de oxigênio. A temperatura alta de fermentação também é uma causa de aumento de alcoóis superiores na produção de aguardentes, conforme demonstrado por GUTIERREZ (1993). Além da fermentação, a destilação é outra operação no processamento de destilados, na qual se pode controlar a concentração de alcoóis superiores (LISLE et al., 1978).

SUOMALAINEN & LEHTONEN (1979), verificaram que as quantidades de n-propanol, isobutanol e álcool isoamílico produzidos durante a fermentação do mosto variam

consideravelmente, com a cepa da levedura. Foram estudados 11 tipos de leveduras vínicas e uma de cerveja, todas pertencentes ao gênero *Saccharomyces*. Os experimentos foram conduzidos no laboratório e confirmados em escala piloto.

Os aldeídos são compostos altamente voláteis e possuem odor penetrante, afetando o aroma das bebidas alcoólicas (NYKANEN, 1972; SUOMAILANEN, 1979). Alguns compostos carbonílicos, como o diacetil e o acetaldeído desempenham um papel importante no desenvolvimento de sabores. Aldeídos, que possuam um limite de detecção, *threshold*, muito baixo, tendem a ser considerados indesejáveis (BERRY, 1995). O principal aldeído associado à fermentação alcoólica é o acetaldeído (ENGAN, 1970). Ele é um subproduto normal da fermentação alcoólica e tem um odor pronunciado. Em excesso em cervejas confere sabor “gramíneo”. Dentre vários aldeídos alifáticos encontrados em bebidas alcoólicas, o acetaldeído é encontrado em maior quantidade e representa mais que 90% do conteúdo de aldeídos em bebidas (NIKANEM & NIKANEM, 1991).

Em aguardentes de amora, manga, abacaxi, caju e banana foram encontrados teores de acetaldeído inferiores a 30 mg/100 mL de álcool anidro, que é o valor máximo permitido pela legislação brasileira (SOUFLEROS et al, 2003; ALVARENGA, 2006; SILVA & NUNES, 2007; LARA, 2007). Nestes trabalhos, os teores de acetaldeído variaram de 0 a 28 mg/100 mL de álcool anidro.

O ácido acético é o ácido predominante em bebidas fermento-destiladas (em torno de 70%). Segundo NYKÄNEN e NYKÄNEN (1991), o ácido acético contribui para o aroma e o sabor das bebidas alcoólicas destiladas. Este ácido é produzido pela levedura durante a fermentação alcoólica, ou pelas bactérias acéticas. As bactérias acéticas produzem o ácido acético através da oxidação do etanol (FARKAS, 1988; NYKANEN & NYKANEN, 1991).

Em aguardentes de banana, SILVA (2004) encontrou valores que variavam de 9,1 a 15,1 mg de ácido acético por 100mL de álcool anidro. GUIMARAES FILHO (2003) encontrou valores superiores, em torno de 41,4 mg também para aguardente de banana. LARA (2006) encontrou para aguardente de banana, o teor de 166 mg de ácido acético por 100 mL de a.a., sendo este superior ao permitido pela legislação brasileira, que é no máximo 100 mg de ácido acético por 100 mL de a.a. para aguardente de frutas.

Os ésteres formam, em quantidade e variedade, o maior grupo de compostos do sabor em bebidas destiladas (NYKANEN & NYKANEN, 1991). São responsáveis pelo odor agradável das bebidas envelhecidas (LITCHEV, 1989). Devido à maior concentração de

álcool etílico tanto nos meios de fermentação quanto na bebida destilada, os ésteres formados em maior quantidade são os ésteres etílicos, como o acetato de etila, por exemplo, e em menores concentrações, os ésteres de alcoóis superiores, como o acetato de isoamila. Da mesma forma, outros alcoóis produzidos intracelularmente reagem, em parte, com o ácido acético formando outros ésteres (MAIA, 1994). Podem ser detectados em concentrações muito baixas, comprometendo o aroma das bebidas, somente quando presentes em elevadas concentrações (SUOMALAINEN, 1979).

De acordo com LILLY et al (2000), em brandy de frutas, dentre muitos compostos responsáveis pelo aroma, encontram-se os ésteres e no caso específico do brandy de banana o principal composto encontrado responsável pelo aroma é o acetato de isoamila. A legislação brasileira estabelece o valor máximo permitido para este grupo de composto em aguardente de frutas de 250 mg de ésteres expresso em acetato de etila por 100 mL de a.a. Na maioria dos trabalhos sobre aguardentes de frutas como manga, caju, abacaxi, amora e banana descritos na literatura os valores de ésteres encontrados estavam dentro do limite estabelecido pela legislação vigente (SOUFLEROS, 2003; ALVARENGA, 2006; SIMÃO, 2006; SILVA & NUNES, 2007). Em aguardente de melão, HERNÁNDEZ GOMES (2004) encontrou valores de ésteres que variaram de 300 a 470 mg de acetato de etila por 100 mL de a.a. nas diferentes frações da destilação.

2.5 CONTAMINANTES

As principais substâncias que oferecem perigo para a saúde humana e que podem comprometer a qualidade sensorial de bebidas destiladas podem ter origem orgânica (álcool butílico, álcool sec-butílico, acroleína, carbamato de etila, diacetil e metanol) ou inorgânica (arsênio, chumbo e cobre). A legislação brasileira estabelece limites para os valores máximos permitidos para cada um desses contaminantes. Para aguardentes de fruta, a legislação ainda não alterou a Portaria 371 de 1974, acrescentando exigências quanto aos teores de alguns contaminantes. Porém, a legislação para aguardente de cana já foi alterada e exige limites destes contaminantes para a bebida, conforme mostra a Tabela 3.

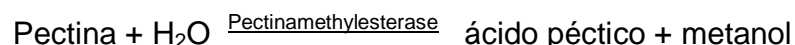
Tabela 3 – Limites de contaminantes permitidos em aguardente de cana.

Contaminantes	Limite máximo
Orgânicos	
Acroleína	5 mg/100 mL de álcool anidro
Álcool Butílico	3 mg /100 mL de álcool anidro
Álcool Sec-Butílico	10 mg/100 mL de álcool anidro
Carbamato de Etila	150 µg/ L de aguardente
Diacetil	2 mg/100 mL de álcool anidro
Metanol	40 mg /100 mL de álcool anidro
Inorgânicos	
Arsênio	100 µg L de aguardente
Chumbo	200 µg/L de aguardente
Cobre	5 mg/L de aguardente

Fonte: BRASIL (2005).

O metanol é uma substância química tóxica (The Merck Index, 2001) que tem mostrado efeitos adversos na saúde humana como dor de cabeça, fadiga, náuseas, problemas na visão, cegueira, convulsões, colapsos sanguíneos, problemas respiratórios e até a morte.

Um aspecto relevante na produção de aguardente de frutas é o alto teor de metanol encontrado nestas bebidas. Nestes destilados, este composto é resultante da hidrólise enzimática (pela pectina metilesterase – EC 3.1.1.11) da pectina presente nas frutas conforme mostrado na reação (HANG et al., 2008):



Em 1983, BROCKS et al. relataram ocorrência de envenenamentos devido ao consumo de aguardente de ameixa, por excesso de metanol na bebida. CLETO (2000), em estudos sobre o efeito da lecitina em mosto de cana-de-açúcar, laranja e uva, constatou nas aguardentes produzidas, total ausência de metanol, o que atribuiu ao processo tecnológico empregado, qual seja: filtração, clarificação, centrifugação, que não permitiam a passagem de materiais que contivessem pectina, para a fermentação. ALVARENGA, 2006 e SILVA & NUNES, 2007 encontraram teores de metanol de 79,4 e 48,9 mg por 100 mL de a.a., respectivamente. Valores estes acima do permitido pela legislação brasileira vigente que

estabelece o valor máximo de 40 mg de metanol para cada 100 mL de a.a.. Valores de 420,7; 145,6 e 76,3 mg de metanol /100 mL de a.a. , foram encontrados em aguardentes de banana por GUIMARAES FILHO (2003), SILVA (2004) e LARA (2006), respectivamente.

2.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é uma ciência multidisciplinar; uma metodologia científica que tem como principal objetivo a quantificação e a identificação das características sensoriais de bebidas e alimentos (STONE & SIDEL, 1993; KOEHL et al., 2008; PONTES, 2008).

Quatro grupos dividem os métodos sensoriais: discriminativos (ou de diferença), de sensibilidade, descritivos e afetivos. Os testes de diferença indicam se existe ou não diferença entre as amostras. Os testes de sensibilidade medem a habilidade de perceber, identificar e/ou diferenciar qualitativa e/ou quantitativamente um ou mais estímulos pelos órgãos dos sentidos. Os métodos descritivos são aplicados com o objetivo de se obter a descrição qualitativa e quantitativa das amostras. Já os testes afetivos têm como objetivo conhecer a opinião de um determinado grupo de consumidores em relação a um ou mais produtos. Um teste afetivo muito utilizado é o teste de aceitação, que avalia o quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos (MEILGAARD *et al*, 1988). Escalas hedônicas são empregadas para indicar o grau de aceitabilidade ou desaceitabilidade, ou gostar ou desgostar do produto (MEILGAARD et al., 2007).

Definir o objetivo do teste, o público-alvo e as características do produto devem ser levados em consideração para escolha da escala a ser utilizada no teste sensorial. Essa seleção da escala para usar em um determinado teste é um dos pontos a ser determinado antes da realização de um teste de aceitação (STONE & SIDEL, 2004). Em testes com consumidores, a escala hedônica estruturada de nove pontos tem sido amplamente utilizada para a coleta de dados. Porém, para VILLANUEVA et al. (2005) essa escala apresenta limitações, que diminuem o seu poder discriminativo. Estes autores realizaram importante estudo para identificar as escalas alternativas que apresentam melhor desempenho do que a escala hedônica tradicional. O estudo comparou o desempenho entre a “Escala Hedônica Híbrida”, a Escala Hedônica de Nove Pontos, a Escala de Auto-Regulação e a Escala de Classificação em relação a: variabilidade dos sentidos respostas, poder de discriminação, adequação dos dados com o pressuposto ANOVA e a facilidade de utilização. Os

resultados evidenciaram a superioridade da Escala Hedônica Híbrida em relação às Escalas Estruturadas e Auto-Ajustáveis no que diz respeito à discriminação. As escalas Hedônicas Estruturada e a Escala Hedônica Híbrida foram consideradas significativamente mais fáceis de usar do que as Escalas de Auto-Ajuste.

CAPÍTULO I

ESTUDOS PRELIMINARES DOS PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO DO CALDO DE BANANA PARA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE

RESUMO

Este capítulo teve como objetivos verificar a influência de diferentes teores iniciais de açúcares redutores totais para a fermentação de banana sem agitação e sob agitação como também a avaliação da interferência da hidrólise enzimática e filtração da polpa de banana nos parâmetros da fermentação e formação de metanol. Verificou-se a importância e necessidade da utilização das etapas de hidrólise enzimática e filtração do caldo de banana para aumento do rendimento em etanol e redução da formação de metanol e alcoóis superiores. Os maiores teores de açúcar utilizados (150 g L^{-1}) proporcionaram maior rendimento em etanol e eficiência de conversão de açúcares em álcool.

Palavras-chave: Hidrólise, filtração, fermentação, agitação.

1. INTRODUÇÃO

As frutas ou materiais açucarados podem ser usados na produção de bebidas alcoólicas fermentadas, desde que adequadamente ajustados os teores de sólidos solúveis e sais nutritivos do meio de fermentação (SANTOS et al., 2005). Além desses, devem ser ajustados o pH, a temperatura e a aeração do mosto para o crescimento das leveduras e formação do etanol e outros compostos desejáveis. O Brasil dispõe de grande diversidade de frutas tropicais com produção praticamente todo o ano. E certas frutas como manga (*Mangifera indica L.*), banana (*Musa ssp*) jaboticaba (*Myrciaria spp.*), goiaba (*Psidium guajava L.*), amora (*Morusnigra, Morus alba L.*), acerola (*Malpighia puniceifolia L.*), entre outras, nativas ou plantadas em pomares não comerciais, sofrem perdas consideráveis devido a abundância da produção (SANTOS et al., 2005). Dentre as frutas com tais características, podemos utilizar a banana que é bastante rica em açúcares e nutrientes.

A biotecnologia dos processos fermentativos pode ser empregada eficazmente para elaboração de bebidas alcoólicas de frutas. Há, porém, a necessidade de testar o procedimento técnico apropriado para cada fruta, o que requer estudos mais detalhados para determinação de metodologia apropriada (VENTURINI, 2009).

Na produção das aguardentes de frutas, a etapa de fermentação é de extrema importância, visto que características do mosto, obtido da fruta, como o teor de açúcares, a acidez, a quantidade de fibras e pectinas são de crucial importância para obtenção de uma bebida de qualidade e um maior rendimento do processo fermentativo. Além destas características, dependendo de como a fermentação é realizada, pode-se obter maior ou menor quantidade de aguardente de melhor ou pior qualidade (SCHWAN & CASTRO, 2001).

O teor de açúcares ideal para que ocorra a fermentação não é definido na literatura. Sabe-se que a alta concentração de substrato permite a obtenção de alto teor alcoólico, que é desejável a nível industrial, pois reduz os custos da destilação, além de propiciar maior produtividade. No entanto, numa alta concentração de substrato, os efeitos danosos são sentidos pela levedura, com a redução da viabilidade e crescimento. Outros prejuízos relacionam-se com o acúmulo de etanol intracelular no início da fermentação (D' AMORE et al., 1988). Altas concentrações de glicose no meio (acima de 150 g.L^{-1}) também inibem enzimas, tanto nos processos fermentativos quanto nos oxidativos, inibição esta conhecida comumente como inibição pelo substrato (FERREIRA, 2002).

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos avaliando-se a fermentação de diversas frutas e cada autor utilizou um teor de açúcares diferente para realizar a fermentação. Para produção de fermentado de banana, utilizando a variedade prata, o teor de sólidos solúveis obtido da fruta in natura foi de 24,2 °Brix e para realizar a fermentação este foi ajustado para 16 °Brix com adição de água (ARRUDA et al., 2003). Em bebida fermentada de cajá, a correção do mosto teve que ser feita, pois a fruta apresentava 12 °Brix. Para a elaboração de tal bebida, foi acrescentado ao mosto solução de sacarose (chaptalização) até que o mosto atingisse 24 °Brix (DIAS et al., 2003). Em elaboração de fermentado de mandacaru, o mosto foi ajustado para que o teor de sólidos solúveis alcançasse 12 °Brix (ALMEIDA et al., 2006). Para produção de aguardentes de banana alguns autores ajustaram o teor inicial de sólidos solúveis para 10 °Brix (SILVA, 2004), para 12 °Brix (SILVA et al, 2009), ou para 15 °Brix (GUIMARAES FILHO, 2003; LARA, 2007). Características como o teor alcoólico do vinho dependem diretamente do teor de açúcar do mosto. Um mosto pobre em açúcar fornece vinhos com baixa graduação alcoólica (SANTOS et al., 2005).

A agitação dos frascos contendo o meio a ser fermentado também é assunto de grande interesse quando se estuda fermentações alcoólicas, uma vez que este procedimento pode interferir na formação de compostos no meio e conseqüentemente no produto final. De acordo com MAIA (1995) uma excessiva aeração do mosto durante a fermentação pode proporcionar um aumento na incorporação de ar ao mesmo favorecendo a formação de alcoóis superiores. Por outro lado, a agitação dos frascos pode favorecer a conversão de açúcares em álcool, gerando um maior rendimento em álcool.

Outro aspecto relevante na formação de produtos tóxicos da fermentação, como o metanol, é a presença de pectina nas frutas. A grande maioria das frutas contém consideráveis teores de pectina. A banana, em especial, é uma das frutas com grandes teores dessa substância. Durante o amadurecimento, a maioria das frutas apresenta uma mudança substancial na firmeza de suas polpas. Estas mudanças geralmente estão relacionadas a alterações da parede celular e são mais aparentes na diminuição dos componentes pécticos (OLIVEIRA, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004). Por isso é recomendável que as frutas utilizadas na produção de bebidas estejam bem maduras.

A utilização da hidrólise da polpa de frutas com enzimas pectinolíticas aumenta o rendimento da extração do suco tornando-o também mais fluido, menos viscoso, o que acarreta em um maior rendimento em etanol na fermentação. Por outro lado, o uso de

enzimas pectinolíticas pode ocasionar a liberação de metanol, que, dependendo da quantidade, é tóxico ao organismo humano.

Já a filtração do mosto remove substâncias que contêm pectinas e podem aumentar o teor de metanol no meio fermentado. Além disso, segundo GUYMON (1972), a presença de substâncias porosas no meio de fermentação, como ocorre no suco de banana não filtrado pode favorecer o aumento da formação de alcoóis superiores. Na produção de aguardente de cana, após a extração do caldo da cana de açúcar, o mesmo é também filtrado em tela fina, a fim de reter partículas sólidas e resíduos do bagaço (bagacilho) que são ricos em pectina (MAIA, 2006). Após esta etapa, ocorre ainda uma decantação para eliminação dos pequenos sólidos restantes.

Em aguardente de manga, ALVARENGA (2006) utilizou sacos de algodão para a filtração do mosto. LARA (2007) efetuou a filtração do mosto de banana em sacos de feltro com o auxílio de centrífuga de uso doméstico para produção de aguardente. Já GUIMARÃES FILHO (2003), na produção de aguardente de banana da variedade nanicão, utilizou a prensagem da polpa antes da fermentação. Os autores utilizaram a filtração e prensagem com o intuito de facilitar a fermentação, tornando o caldo mais fluido.

Considerando a importância destas etapas preliminares no processamento da aguardente de banana, a primeira parte deste estudo teve como objetivo avaliar a influência do teor inicial de açúcares no caldo de banana e a influência da agitação dos frascos durante a fermentação nos parâmetros fermentativos e na formação de alcoóis superiores e metanol. Na segunda parte deste trabalho avaliou-se o efeito da filtração e hidrólise enzimática do caldo de banana sobre os parâmetros de fermentação e sobre a formação de metanol durante a fermentação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A banana da variedade prata (*Musa cavendishi*) foi adquirida na CEASA (Central de Abastecimento) em Belo Horizonte, MG. Foi utilizada a fruta no último estágio de maturação. Para obtenção da polpa de banana, as frutas foram processadas em despulpadeira compacta (marca *Itametal*). Foi utilizado o complexo enzimático pectinolítico *Pectinex Ultra*

SP (marca *Novozymes*) e fermento prensado comercial, constituído de células de levedura *Saccharomyces cerevisiae* (marca *Itaquara*, com 70% de umidade), adquirido no comércio local de Belo Horizonte, MG.

Foram utilizadas vidrarias usuais como frascos Erlenmeyers, béqueres e os equipamentos: refratômetro, espectrofotômetro, estufa, microdestilador de álcool, phmetro, incubadora com agitação “*shaker*” com controle de temperatura. Para filtração da polpa de banana hidrolisada foi utilizado tecido de algodão.

2.2 Métodos

2.2.1 Avaliação do teor de açúcar inicial do mosto e da agitação dos frascos durante a fermentação do caldo de banana

Para obtenção da polpa, as frutas foram processadas em despoldadeira compacta de bancada. Após despoldamento, a polpa foi hidrolisada com o complexo enzimático *Pectinex Ultra Sp* na concentração de 0,025% (p/v) por 2 horas a temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$. Após a hidrólise enzimática a polpa foi filtrada, utilizando-se sacos de algodão. O teor de sólidos solúveis da polpa foi ajustado com água destilada para: 10 °Brix, 12 °Brix e 15 °Brix, com o auxílio de refratômetro manual portátil, quantificando em seguida os teores de ART. Após a hidrólise e filtração adicionou-se ao caldo de banana sulfato de amônio na concentração de $0,4 \text{ g.L}^{-1}$ conforme sugerido por LARA (2007) como fonte de nitrogênio.

As fermentações foram conduzidas em frascos de Erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de caldo de banana. Para os ensaios de fermentação, transferiu-se um volume de inóculo (suspensão de fermento na polpa de banana) para o meio de fermentação a fim de se obter uma concentração de 20 g.L^{-1} . Os frascos foram então incubados em estufa sem agitação à temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e em incubadora sob agitação de 150 rpm à temperatura também de $30 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Foram testadas três concentrações de açúcares redutores totais (ART) conforme mostra a Tabela 1. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Tabela 1- Teores iniciais de ART utilizados nos ensaios de fermentação de polpa de banana.

Tratamentos	Teores de ART
Caldo 1	Teor inicial de açúcares 100 g.L ⁻¹
Caldo 2	Teor inicial de açúcares 120 g.L ⁻¹
Caldo 3	Teor inicial de açúcares 150 g.L ⁻¹

Nestes experimentos os meios de fermentação não foram submetidos à esterilização.

2.2.2 Efeito da filtração e hidrólise enzimática da polpa de banana sobre o rendimento em etanol e produção de metanol durante a fermentação

Nestes experimentos, as polpas foram previamente tratadas conforme descrito na Tabela 2. Nos ensaios PH e PFH, a polpa foi previamente hidrolisada com enzima *Pectinex Ultra Sp* (0.025%) por 2 horas à temperatura de 30 ±1 °C. Nos ensaios PF e PFH, a filtração da polpa foi feita utilizando sacos de algodão após a hidrólise enzimática. Em todos os ensaios o teor de sólidos solúveis do caldo foi ajustado para 15 °Brix, foi adicionado sulfato de amônio no caldo na concentração de 0,4 g.L⁻¹ conforme sugerido por LARA (2007). Os meios de fermentação não foram submetidos à esterilização.

Tabela 2- Tratamentos realizados nas polpas antes da fermentação.

Códigos	Tratamentos
PN	Polpa sem tratamento prévio
PF	Polpa filtrada
PH	Polpa hidrolisada
PFH	Polpa filtrada e hidrolisada

Nestes ensaios de fermentação, transferiu-se um volume de inóculo (suspensão de fermento na polpa de banana) para frascos Erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de caldo de banana a fim de se obter uma concentração de 20 g.L⁻¹. O fermento foi previamente dissolvido no caldo de banana antes de ser adicionado ao meio de fermentação para se obter uma suspensão homogênea de leveduras. Os frascos de Erlenmeyers foram então incubados em incubadora com agitação *shaker* a 30 ±1 °C sob agitação de 150 rpm por um período de 24 horas.

2.2.3 Métodos Analíticos

Nos ensaios realizados para avaliar o efeito da concentração inicial de ART do caldo e a agitação dos frascos durante a fermentação, foram determinados os teores de ART, a densidade, a acidez total e o pH nos caldos antes da fermentação. Após fermentação, no caldo fermentado (vinho de banana) foram determinados os teores de ART, etanol, metanol e alcoóis superiores, e também a densidade, a acidez total e o pH. Já nos ensaios para verificar a influência da hidrólise enzimática e da filtração da polpa foram realizadas as mesmas análises citadas anteriormente no caldo e no caldo fermentado (vinho) com exceção dos alcoóis superiores que não foram determinados.

A determinação de açúcares redutores totais (ART) foi realizada pela metodologia do DNS (3,5-dinitrosalicílico) desenvolvida por MILLER (1959). Como o caldo de banana contém açúcares redutores e açúcares não redutores como a sacarose, essa determinação foi precedida por uma hidrólise ácida para conversão da sacarose em açúcares redutores. Para tal, uma alíquota (1 mL) de amostra foi transferida para um frasco de 25 mL e 2 mL de ácido clorídrico (2 mol.L⁻¹) foi adicionado. O frasco foi aquecido em banho maria a 70 °C por um período de 30 minutos e então resfriado. O conteúdo foi então neutralizado com 2 mL de hidróxido de sódio 2 mols. L⁻¹. A amostra foi então transferida para um balão de 100 mL e o volume completado com água destilada. Outras diluições foram realizadas nas amostras para que a concentração de ART ficasse dentro da faixa de linearidade da curva de calibração.

A densidade das amostras foi determinada através do uso de picnômetro.

A acidez total foi determinada segundo a ABNT (1997) e o pH foi determinado em pHmetro digital marca QUIMIS.

A determinação do etanol foi realizada após destilação das amostras em microdestilador de álcool da marca TECNAL (Modelo Te-012). A concentração de etanol foi determinada espectrofotometricamente pelo método do dicromato de potássio modificado (ZIMMERMAN, 1963).

Os teores de metanol e de alcoóis superiores foram determinados seguindo a metodologia de análises de bebidas e vinagres do Laboratório Nacional de Referência Vegetal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1986). O teor de alcoóis superiores totais foi determinado por medições espectrofotométricas realizadas no espectro visível (540 nm). Essa quantificação foi realizada por comparação com uma curva de calibração construída utilizando uma mistura de alcoóis superiores solubilizada em etanol solvente 01:01 / água. O teor de metanol foi quantificado por medições espectrofotométricas realizadas no visível (575 nm) e comparadas com valores de absorvância estabelecida através de uma curva de calibração construída com soluções padrão de etanol / metanol, contendo quantidades conhecidas de metanol.

O teor de sólidos solúveis (Brix) foi determinado por refratômetro de bancada, através de leitura direta.

2.2.4 Parâmetros cinéticos de fermentação

Com os dados das análises descritas, calculou-se os parâmetros de fermentação usando o programa EXCEL (2000), numa planilha previamente programada, conforme sugerido por ANDRIETTA et al. (1999). Os parâmetros calculados foram o rendimento em etanol (%), a eficiência de conversão de ART em etanol (%) e a produtividade ($\text{g.L}^{-1}\text{h}^{-1}$). Os parâmetros fermentativos estudados neste trabalho são considerados os mais importantes e são comumente utilizados na avaliação de leveduras utilizadas na fermentação alcoólica na produção industrial de álcool (ANDRIETTA et al., 1999).

Rendimento (%)

O rendimento em etanol foi determinado a partir da quantidade de etanol formada dividido pela quantidade teórica calculada com base na quantidade de açúcar no mosto e foi expresso em porcentagem. A quantidade de etanol esperada foi calculado seguindo a estequiometria da equação assumindo que 1,0 grama do total de açúcares produzidos

produz 0,511g de etanol. O rendimento em etanol foi calculado de acordo com a equação (1).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Etanol produzido}}{\text{Quantidade teórica}} \times 100 \text{ (equação 1)}$$

Eficiência (%)

A eficiência de conversão de açúcar em etanol pelas leveduras (%), expressa em quantidade de etanol produzida em relação à quantidade de açúcar consumida pelas leveduras, foi calculada de acordo com a equação (2).

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Etanol produzido}}{(\text{ART}_i - \text{ART}_f) \times 0,511} \times 100 \text{ (equação 2)}$$

Onde:

ART_i = Açúcares redutores totais no suco de banana hidrolisado (antes da fermentação) .

ART_f = Açúcares redutores totais no suco de banana fermentado (vinho) (após a fermentação).

Produtividade (g. L⁻¹. h⁻¹)

Expressa a massa de etanol produzida (g) por volume (L) de meio fermentado por unidade de tempo (h). Este parâmetro permite determinar a velocidade de transformação do açúcar em etanol. Quanto maior for este parâmetro, melhor é considerada a levedura para o processo.

2.2.5 Análise estatística

Os tratamentos foram realizados em três repetições e as análises efetuadas em triplicatas.

Os dados obtidos durante a execução do experimento foram submetidos à análise de variância (média, desvio padrão e coeficiente de variação) - ANOVA, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do teor de açúcar inicial do mosto e da agitação dos frascos na fermentação de caldo de banana

Os resultados das análises dos caldos de banana antes da fermentação e do caldo fermentado (vinho) se encontram, nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Características dos caldos de banana após hidrólise enzimática e filtração.

Parâmetro	Caldo 1	Caldo 2	Caldo 3
Ph	4,5	4,4	4,4
Densidade (g.mL ⁻¹)	1,032	1,045	1,055
Acidez Total (g.100 mL ⁻¹)	0,17	0,19	0,23
Açúcares Redutores Totais (g.L ⁻¹)	110,68	120,76	150,61

O pH dos caldos de banana foram ajustados para 4,4 e 4,5 com adição de solução de NaOH (1 mol.L⁻¹). Geralmente, os fermentados de fruta apresentam pH variando entre 3,0 e 4,5. Segundo MAIA (2006), o pH do mosto deve ser ajustado para valores entre 4,0 e 5,0 pois abaixo desta faixa pode haver aumento da produção de óleo fúsel em até 80%, o que, em excesso, é indesejável nas bebidas.

Os valores de acidez das polpas de banana variaram de 0,17 a 0,23 g.100 mL⁻¹. No mosto com teor de ART de 150 g.L⁻¹ o valor encontrado foi de 0,23 g de ácido acético por 100 mL. LARA (2007) encontrou valores de acidez para mosto de banana prata iguais a 0,28 g de ácido acético por 100 mL, enquanto GUIMARAES FILHO (2003) e LOPES (2005) encontraram 0,31 g de ácido acético por 100 mL para mostos de banana da variedade Nanica. Estes autores utilizaram teores de açúcares no mosto na faixa de 150 g. 100 L⁻¹.

Após a fermentação, foram realizadas as análises nos caldos fermentados (vinhos) (Tabela 4).

Tabela 4 – Características dos caldos de banana fermentados (vinhos)

Parâmetros	Sem agitação			Sob agitação		
	Caldo 1	Caldo 2	Caldo 3	Caldo 1	Caldo 2	Caldo 3
pH	4,32	4,20	4,31	4,30	4,25	4,30
Densidade*	0.994	0.993	1.008	0.994	0.995	0.996
Acidez Total **	0,49	0,53	0,53	0,50	0,52	0,53
ARTfinal***	4,21	4,57	7,63	4,21	4,57	9,25
Etanol ****	3,81	4,66	6,20	3,68	4,55	7,44

*g.mL⁻¹; **g de ácido acético x 100 mL⁻¹; *** g.L⁻¹, **** %v/v.

Os resultados das análises físico químicas dos caldos fermentados (vinhos) obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos obtidos em outros trabalhos encontrados na literatura. No estudo realizado por LARA (2007) da fermentação de suco de banana prata para produção de aguardente a autora encontrou no suco fermentado (vinho) um teor de sólidos solúveis residual de 4,0 °Brix e acidez total de 0,5 g.100 mL⁻¹. GUIMARÃES FILHO (2003) em um estudo semelhante de fermentação de suco de banana para obtenção de aguardente obteve 5,3 °Brix de sólidos solúveis residuais e pH 3,62 no caldo fermentado de banana da variedade nanica (vinho). Nos meios fermentados de polpa de manga com concentração de 150 g.L⁻¹ de ART, utilizando diferentes tratamentos enzimáticos para obtenção de aguardente, ALVARENGA (2006) encontrou teores de ART finais que variaram de 1,54 a 6,41 g. L⁻¹. Os teores de etanol encontrados por esta autora nos vinhos de manga variaram de 5,29 a 7,59 % (v/v).

Foram determinados também no presente trabalho os teores de metanol e alcoóis superiores nos caldos de banana fermentados obtidos. Os resultados encontrados estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Teores de metanol e alcoóis superiores nos caldos fermentados (vinhos)

Parâmetro	Sob agitação			Sem agitação		
	Caldo 1	Caldo 2	Caldo 3	Caldo 1	Caldo 2	Caldo 3
Metanol (mL.100 mL ⁻¹ de aa)	0,142 ^a	0,147 ^a	0,347 ^b	0,187 ^a	0,192 ^a	0,344 ^b
Alcoóis superiores	159.89 ^{ab}	184.99 ^b	202.56 ^b	112.76 ^a	154.79 ^{ab}	165.08 ^{ab}

Médias que não possuem a mesma letra numa mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Caldo 1 = 100 g.L⁻¹; Caldo 2 = 120 g.L⁻¹; Caldo 3 = 150 g.L⁻¹.

Os diferentes teores de açúcar utilizados ocasionaram a produção de diferentes quantidades de metanol no caldo fermentado (vinho de banana). O teor de açúcar mais elevado (150 g. L⁻¹) propiciou a formação de maiores teores de metanol independentemente se o meio foi incubado ou não sob agitação. Como o metanol é oriundo da pectina presente no meio, o caldo com teor mais elevado de ART continha maior quantidade de pectina, pois o mesmo foi menos diluído do que os caldos com menores teores de ART. Portanto, quanto mais concentrada a polpa observa-se uma maior formação de metanol. O metanol é tóxico aos seres humanos, provocando, quando consumido em concentrações elevadas, queda do pH no sangue do consumidor afetando o sistema respiratório, levando à cegueira e até a morte (SALTON et al., 2000). No caldo fermentado de banana obtido, os teores variaram de 0,142 a 0,347 g/L (mL.100 mL⁻¹). Em caldo fermentado de pêra para produção de aguardente GARCIA-LLOBODANIN et al. (2007) encontraram 3,8 mg.L⁻¹ de metanol (o equivalente a 0,005 mL.100 mL⁻¹).

Com relação aos alcoóis superiores, estes são formados durante a fermentação a partir de aminoácidos e açúcares constituintes do meio de fermentação. Nas fermentações realizadas neste estudo, os teores de alcoóis superiores totais encontrados nos caldos fermentados (vinhos de banana) variaram entre 112, 76 a 202,56 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro. Nos ensaios de fermentação conduzidos sob agitação em *shaker*, os teores de alcoóis superiores foram mais elevados do que os obtidos nos ensaios conduzidos sem agitação dos frascos. Os ensaios conduzidos em estufa e com o teor de açúcar mais baixo (110 g. L⁻¹) foi o que proporcionou uma menor formação de alcoóis superiores (112, 76 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro). O maior teor de alcoóis superiores obtido foi nos

experimentos com uma maior concentração de ART (150 g. L⁻¹) e os frascos foram submetidos à agitação em *shaker*.

Os alcoóis superiores são formados, em parte, pela degradação de aminoácidos, mas também pelo metabolismo da levedura a partir de açúcares (ROSE, 1977). De acordo com CROWELL et al. (1961), citados por CLETON (2000), 75% dos alcoóis superiores produzidos na fermentação por leveduras, provém do metabolismo de açúcar do meio e apenas 25% de aminoácidos. Segundo MAIA et al. (1993), a aeração dos meios durante a fermentação favorece a formação de alcoóis superiores.

Com os dados obtidos nas Tabelas 3 e Tabela 4 foi possível calcular os valores de rendimento em etanol (%), eficiência de conversão de substrato em etanol pelas leveduras (%), produtividade em etanol (g.L⁻¹.h⁻¹) (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias dos parâmetros fermentativos para os tratamentos avaliados

Tratamentos	Concentrações de ART	Rendimento (%)	Eficiência (%)	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)
Sem agitação	Caldo 1	55.09 ^e	57.35 ^e	1.95 ^d
	Caldo 2	62.39 ^c	64.96 ^c	2.38 ^c
	Caldo 3	66.98 ^b	71.60 ^b	3.17 ^b
Com agitação	Caldo 1	53.38 ^e	55.57 ^e	1.88 ^e
	Caldo 2	60.14 ^d	62.59 ^d	2.33 ^c
	Caldo 3	79.20 ^a	83.59 ^a	3.80 ^a

Médias que não possuem a mesma letra numa mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05). Caldo 1 = 100 g.L⁻¹; Caldo 2 = 120 g.L⁻¹; Caldo 3 = 150 g.L⁻¹.

A Tabela 6 mostra que todos os parâmetros fermentativos foram significativamente maiores nos ensaios conduzidos sob agitação e nos meios com concentração de ART de 150 g. L⁻¹. Entretanto, observa-se que nas concentrações de ART mais baixas (100 g.L⁻¹) não houve uma influência positiva da agitação sob os parâmetros de fermentação.

Na fermentação de mandacaru para produção de vinho, ALMEIDA et al. (2006) obtiveram rendimento em etanol de 90,2%, produtividade de 1,75 g.L⁻¹.h⁻¹. Neste trabalho a concentração inicial de sólidos solúveis do mosto era de 13 °Brix e o sistema não foi agitado. O fermento utilizado para fermentação do mandacaru foi o mesmo utilizado neste trabalho.

Em mostos fermentados de polpa de kiwi, com teores iniciais de açúcares de 18 a 22 °Brix, BORTOLINI et al. (2001) encontraram teores de etanol que variaram de 3,5 a 9,6% (v/v). Os valores de rendimento variaram de 38,7 a 47,2%; eficiência de 75,6 a 92,4% e produtividade de 0,7 a 2,0 g.L⁻¹.h⁻¹. Os valores de rendimento e produtividade encontrados por estes autores foram inferiores aos do presente trabalho.

Observando a Tabela 6 verifica-se que o maior valor de produtividade (3,80 g.L⁻¹.h⁻¹) foi obtido quando se utilizou concentração de ART de 150 g.L⁻¹ e o meio foi agitado, sendo este valor significativamente maior que os demais. Em trabalhos encontrados na literatura sobre fermentação alcoólica visando a produção de aguardente de cana, foram encontrados valores similares de produtividade. PARAZZI (1995) em testes fermentativos com três linhagens de *S. cerevisiae* encontrou valores de produtividade variando de 2,9 a 4,2 g.L⁻¹.h⁻¹ em meio contendo 100 g.L⁻¹ de glicose e 10 g de inóculo por litro de caldo. RIBEIRO (1997) obteve médias de produtividade entre 2,7 e 3,4 g.L⁻¹.h⁻¹ utilizando três linhagens de *S. cerevisiae* em meio "Bacto Bismuth Sulfite Agar". SILVA et al (2004) avaliaram as características fermentativas de diferentes linhagens de leveduras *S. cerevisiae* na fermentação em meio sintético contendo 150 g.L⁻¹ de sacarose e obtiveram produtividades em etanol variando de 4,6 a 6,1 g.L⁻¹.h⁻¹.

3.2 Efeito da filtração e hidrólise enzimática da polpa de banana sobre o rendimento em etanol e produção de metanol na fermentação para produção de aguardente de banana

Os resultados das análises físico químicas do caldo de banana (mosto) e do caldo de banana fermentado (vinho) se encontram, respectivamente, nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Características dos caldos de banana utilizadas na fermentação.

Tratamentos	Variáveis			
	pH	Densidade (g.mL ⁻¹)	Acidez total (g.100 mL ⁻¹)	ART (g.L ⁻¹)
PN	4,65	1,0673	0,237	156.92 ^b
PF	4,69	1,0802	0,225	155.91 ^b
PH	4,37	1,0624	0,218	167.22 ^a
PFH	4.38	1,0709	0,203	168.95 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não possuem diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. PN=polpa sem tratamento prévio; PF= polpa filtrada; PH= polpa hidrolisada; PFH= polpa filtrada e hidrolisada.

Observando a Tabela 7 verifica-se que o pH dos caldos de banana oscilou entre 4,37 e 4,69. Valores similares de pH entre 4,46 a 4,49 foram encontrados por GUIMARAES FILHO (2003), para polpa de banana variedade nanicão, após hidrólise enzimática com utilização de enzima pectinolítica Pectinex® (0,025 mL.100 g⁻¹ de caldo de banana).

A densidade do mosto foi similar aos valores encontrados por GUIMARAES FILHO (2003), que obteve densidade de 1,06 g/mL para polpa de banana da variedade nanicão e ALMEIDA (1949) que obteve densidades variando de 1,02 a 1,06 g/mL para polpa de banana da variedade prata.

Os valores de acidez das polpas de banana variaram de 0,203 a 0,237 g.100 mL⁻¹, valores estes próximos ao observado por MEDINA et al. (1998), de 0.29 g.100 mL⁻¹ para banana variedade nanica e GUIMARAES FILHO que encontrou 0,31 g.100 mL⁻¹, também para variedade nanica.

Os valores de ART diferiram significativamente entre si entre os tratamentos avaliados. Nas fermentações dos sucos de banana que sofreram hidrólise enzimática foram encontrados maiores teores de ART. A hidrólise enzimática proporcionou a quebra de açúcares (tratamentos PH e PFH), o que não aconteceu nas polpas que não foram submetidas a hidrólise (tratamentos PN, PF), onde os teores de ART foram menores.

Tabela 8 – Características das polpas de banana fermentadas (vinho).

Tratamentos	pH	Densidade (g/mL)	Variáveis			
			Acidez Total (g.100 mL ⁻¹)	ART (g.L ⁻¹) Residual	Etanol (% v/v)	Metanol (mL.100 mL ⁻¹ a.a.)
PN	4,33	0,9908	0,440	4,59	7,90	0,23
PF	4,35	0,9922	0,444	4,47	7,72	0,23
PH	4,15	0,9949	0,480	7,74	8,07	0,32
PFH	4,16	0,9931	0,468	7,13	8,20	0,28

PN=polpa sem tratamento prévio; PF= polpa filtrada; PH= polpa hidrolisada; PFH= polpa filtrada e hidrolisada.

Nos tratamentos que sofreram hidrólise enzimática, os teores de ART residual e as concentrações de etanol foram maiores que os demais porque o ART inicial do mosto era mais elevado. Observa-se também que, com a hidrólise, o meio ficou menos viscoso favorecendo o aumento do rendimento em etanol por facilitar o acesso das leveduras aos nutrientes do meio.

Pode se observar na Tabela 8 que os teores de metanol encontrados nas polpas que sofreram hidrólise (PH e PFH) foram superiores aos valores daquelas que não sofreram hidrólise, sugerindo que a hidrólise enzimática pode ter proporcionado um aumento na formação de metanol.

Em relação à filtração, o tratamento no qual a polpa foi filtrada e hidrolisada (FH), o teor de metanol foi inferior àquele onde a polpa foi somente hidrolisada, sugerindo que grande parte da torta de filtro retida na filtração provavelmente continha alto teor de substâncias contendo pectina que ocasionaram liberação de metanol na hidrólise.

Apesar da hidrólise ter proporcionado um aumento na produção de metanol (comparando-se os teores de metanol nos tratamentos PN e PH), observa-se que realizando as duas etapas em conjunto, (PFH) encontrou-se um menor teor de metanol quando comparado aos resultados dos ensaios nos quais a polpa foi apenas hidrolisada (PH). Neste ensaio também foi obtido um maior teor de etanol, sugerindo que a combinação destes dos tratamentos (filtração e hidrólise) são importantes para uma menor formação de metanol e maior produção de etanol durante a fermentação e conseqüentemente maior rendimento em etanol.

O tratamento PFH resultou num destilado com concentração de metanol inferior ao tratamento PH, o que reforça que a filtração da polpa é uma etapa importante para a produção de aguardente de banana.

Os resultados do rendimento em etanol, eficiência de conversão de açúcares em álcool e a produtividade em etanol, são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Médias dos parâmetros fermentativos (rendimentos em etanol, eficiência de conversão de açúcar em álcool e produtividade) das fermentações.

Tratamentos	Rendimento em etanol (%)	Eficiência de conversão açúcar – etanol (%)	Produtividade (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)
PN	83.08 ^c	85.43 ^b	4.038 ^a
PF	85.49 ^b	85.66 ^b	3.946 ^a
PH	89.37 ^a	89.82 ^a	4.123 ^a
PFH	90.81 ^a	90.98 ^a	4.190 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não possuem diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. PN=polpa sem tratamento prévio; PF= polpa filtrada; PH= polpa hidrolisada; PFH= polpa filtrada e hidrolisada.

Nota-se, na Tabela 9, que foram obtidos valores significativamente maiores ($p > 0,05$) de rendimento em etanol nos ensaios nos quais as polpas de banana sofreram hidrólise enzimática e filtração. O mesmo foi observado para os resultados de eficiência de conversão de açúcar em álcool.

Não houve diferença significativa entre as produtividades obtidas nos tratamentos avaliados.

MENDONÇA (1999), em estudo de fermentações alcoólicas em meio sintético contendo glicose, obteve rendimento em etanol, variando entre 72,08% a 90,38%, após 12 horas de fermentação, resultados similares aos encontrados na fermentação da polpa de manga por ALVARENGA (2006), que variaram de 82,91 a 93,01%. A mesma autora efetuou também as etapas de hidrólise e de filtração da polpa de manga. OLIVEIRA (2001) encontrou valores de rendimento em etanol que variaram entre 24,3% e 90,5%, em

fermentações também em meios sintéticos, utilizando 150 g.L^{-1} de glicose como substrato e diferentes linhagens de leveduras *S. cerevisiae* e não *Saccharomyces*.

Os valores de produtividade e de eficiência obtidos por ALVARENGA (2006) na fermentação de polpa de manga para produção de aguardente variaram de $3,48$ a $5,11 \text{ g.L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ de e $84,20$ e $93,09\%$, respectivamente. Estes valores foram similares aos encontrados no presente trabalho.

Na fermentação de suco de laranja para produção de vinho de laranja, OKUNOWO et al. (2005), encontraram valores de eficiência que variaram de $70,88$ a $99,46 \%$, utilizando linhagens de leveduras *S. cerevisiae* e *S. carlsbergensis*. O suco de laranja utilizado pelos autores não sofreu filtração e nem hidrólise enzimática, uma vez que a laranja não contém alto teor de pectina e o suco já é bastante fluido.

Comparando os quatro tratamentos, os melhores resultados foram obtidos com o tratamento PFH (polpa filtrada e hidrolisada). Realizando a hidrólise e filtração da polpa, foi obtido um fermentado com maior concentração de etanol e os teores de metanol foram menores do que no tratamento PH (polpa hidrolisada).

4. CONCLUSÕES

Dentre os teores de açúcar avaliados para fermentação de polpa de banana, os melhores resultados foram obtidos com o caldo contendo 150 g.L^{-1} de açúcares, uma vez que este proporcionou um maior rendimento em etanol e eficiência de conversão de açúcar em etanol. Foram observados menores teores de alcoóis superiores nos caldos de banana fermentadas (vinhos) com 150 g.L^{-1} de açúcar no caldo e sem o uso da agitação dos frascos durante a fermentação. A agitação dos meios de fermentação ocasionou um aumento de rendimento em etanol, porém proporcionou também uma elevação no teor de alcoóis superiores durante a fermentação, o que é indesejável na produção de aguardentes.

A filtração e hidrólise enzimática são etapas importantes na produção de aguardente de banana por permitirem um aumento do rendimento de extração de suco e rendimento em etanol, além de sugerirem uma redução do teor de metanol produzido durante a fermentação.

CAPITULO II

Potential Application of *Saccharomyces cerevisiae* Strains for Fermentation Banana Pulp

(*Artigo African Journal of Biotechnology*)

ABSTRACT

The aim of this paper was to evaluate the fermentation behavior of selected *Saccharomyces cerevisiae* strains and compare them with commercial yeast (yeast for baking bread) in banana pulp for subsequent production of distilled spirits. Five types of microorganisms were used: four yeast strains obtained from microbiology laboratories accredited and isolated from domestic 'cachaça' distilleries (UNICAMP-V1, UFMG-A905, UFMG-A1007, UFMG-A1240) and the commercial pressed yeast (COMMERCIAL-yeast). The *Saccharomyces cerevisiae* strains presented significant differences in the fermentation parameters, the COMMERCIAL-yeast and UNICAMP-V1 strain showed higher ethanol yield and better yeast efficiency for converting total reducing sugars (TRS) into alcohol. The ethanol yield was 83.07% and 94.06%, yeast efficiency 90.75% and 96.41% (UNICAMP V1 and COMMERCIAL-yeast). The higher alcohol contents of the 82.26 and 78.05 mg/100 mL of anhydrous alcohol were obtained by the UNICAMP-V1 and COMMERCIAL-yeast, respectively. Also, no significant differences were observed between COMMERCIAL-yeast and UNICAMP-V1 strain for the fermentative parameters. The UFMG-A1240 strain showed the lowest ethanol yield and therefore not suitable for the production of distilled spirits from bananas, despite being useful for the production of 'cachaça'. The methanol contents did not vary significantly between the five strains tests, with the exception of the UFMG-A1007, which produced significantly higher quantities of 0.19 mL/100 mL anhydrous alcohol. However the higher alcohols contents varied significantly between the five strains tests, the UFMG-A1007 and UFMG-A1240 strains showed the lowest quantities of 30.04 and 48.69 mg/100 mL of anhydrous alcohol, respectively. In conclusion, the *Saccharomyces cerevisiae* strains UNICAMP-V1 and the COMMERCIAL-yeast showed better behavior fermentation, did

not produce high methanol and high alcohols quantity and are recommendable for subsequent production of distilled spirits from banana on a pilot plant scale.

Keywords: Yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, alcoholic fermentation, banana spirits.

1. INTRODUCTION

The large quantity of green cull bananas has the potential of being used industrially (Zhang et al., 2005) due to rapid ripening of banana fruit in the post-harvest there is much loss and only 50-60% of total fruits reach the consumer (Mascarenhas, 1999). The short shelf life of the banana fruit is due to a rapid senescence process that causes the visual appearances of the fruit peel to degrade from yellow to a 'muddy' brown colour terminating banana's shelf life. Wholesalers want to extend the banana shelf life between ripening stage (more yellow than green) and final stage (yellow with light brown flecks) to increase appeal to consumers to gain higher purchase quantities at one shopping occasion (Klieber et al., 2002). In Brazil, there are many fruits available that can be used in the preparation of fermented-distilled beverages (spirits). The banana stands out among these fruits because of its abundance and relatively high concentration of fermentable sugars (Silva, 2004). Banana are readily available agricultural residue in Brazil, yet they seem to be underutilized as potential grown medium for local yeast strains, despite they are rich carbohydrate content and other basic nutrients that can support yeast grown. The use of bananas in the production of spirits, in addition to utilizing the surplus fruit and the stills in the periods between sugar cane seasons, furnishes a new product that is still unfamiliar to the market, but that has great perspectives because of the growing recognition of the quality of Brazilian beverages, especially 'cachaça' (Stanislau et al., 2006). According Emaga et al. (2007) the peel of plantain, also, is rich in starch, therefore in the maturation of fruits increase in soluble sugar content, at the same time, that decrease the starch content; and the degradation of the starch under the action of the endogenous enzymes, may explain the increase in the soluble sugar content.

With the advancement of beverage technology, yeast strains have been selected according to the desirable characteristics of the process and the product. The ethanol yield

and productivity, the tolerance to ethanol and variations in temperature, the resistance to high concentrations of sugars, and the ability to flocculate and to produce or to not produce certain components of aroma are constant sources of interest in the choice of the yeast strain to be employed for the production of alcoholic beverages (Hammond, 1995). Geroyiannaki et al. (2007) studied two major toxic volatile compounds in varietals grape pomace distillates and detected far below the acceptable legal limits of methanol and acetaldehyde.

Various strains of indigenous yeasts capable of producing ethanol have been isolated from different local sources such as fermented foods, fermented pineapple juices and in most of the studies the preferred candidate for industrial production of ethanol has been *Saccharomyces cerevisiae* (Okunowo, 2005). This yeast also has the ability to produce ethanol which is not contaminated by other products from the substrate (Brooks, 2008). The use of selected yeast strains is an important factor in the industrial production of fermented-distilled beverages such as distilled spirits of high chemical and sensory quality. According Bondoni et al. (1999) *Saccharomyces cerevisiae* strains could also be exploited to improve wine flavour, as indicated by the higher isoamyl alcohol content of the transformants compared to the parental strains. *Saccharomyces cerevisiae* is a species of budding yeast. It is perhaps the most useful yeast owing to its use since ancient times in baking and brewing. Schuller et al. (2005) studied biodiversity of the species *Saccharomyces cerevisiae* from grapes collected in vineyards (in Portugal), fermentation performance, characterized and reports the presence of commercial yeast strains used by the wineries. Both, the specific *Saccharomyces cerevisiae* strains and commercial yeast stains are responsible for the transformation of the broth sugar into alcohol and add fundamental sensory attributes such as aroma and taste. Therefore, the choice of the appropriate yeast for fermentation of banana pulp is essential to the development of techniques for the production of distilled spirits from bananas.

The study of the formation of secondary products during the fermentation by these yeasts is of great importance, especially in fruit spirits because some toxic compounds are produced in quantities that exceed the desirable and legal limits. The diversity of yeast species and strains could be monitored by determining the formation of secondary products of fermentation, such as acetaldehyde, ethyl acetate and higher alcohols. At different stages of the spontaneous fermentation, the acetaldehyde was observed in some by-products involved in the wine bouquet (Romano et al., 1997). According Zhang and Chen (2008) in

ethanol fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* studies, in addition to biomass and carbon dioxide, a number of byproducts are produced, such as glycerol and organic acids (e.g., acetic acid and pyruvic acid, succinic acid). Also, eliminating formation of glycerol can be used to increase ethanol yield of *S. cerevisiae* without increasing the overall cost of carbon source.

In studies performed with fruit spirits from mangos, pears, melon and banana, the production of compounds such as methanol and higher alcohols was high, indicating the importance of performing more detailed studies on the formation of such components in these beverages (Llobodanin, 2008; Hernandez-Gomes, 2005). Hence, the aim of this paper was to evaluate the fermentation behavior of selected *Saccharomyces cerevisiae* strains and compare them with commercial yeast (yeast for baking) in the fermentation of banana pulp for the production of distilled spirits.

Nomenclature

TRS	Total Reducing Sugars
PDA	Potato Dextrose Agar

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Source of bananas

The bananas used in this study were variety 'prata' (*Musa cavendishi*) obtained from local markets in Belo Horizonte, Minas Gerais (Brazil). This study took 2 Kg of bananas in last stage of maturation.

2.2. Pre-treatment of banana samples

The bananas were crushed in depulper compact and the pulp was adjusted 15° Brix (concentration of soluble solids) adding distilled water. Then, the pulp was hydrolyzed by the *Pectinex Ultra SP* enzyme (0.025%) for 2 hours at 30°C. The enzyme *Pectinex Ultra SP*

was obtained from *Novozymes* industry. The banana pulp was filtered through cottons bags, and 0.4 g/L ammonium sulfate was added. Finally, the pH of the pulp was adjusted to 5.0 by the addition of NaOH solution (0.1 N). The final product obtained was denominated banana pulp.

2.3. Microorganisms and inoculums preparation

The strains were obtained in microbiology laboratories accredited and isolated from domestic "cachaça" distilleries:

- UNICAMP-V1: yeast strain was obtained from the Industrial Microbiology and Biocatalysis Laboratory of the Pharmacy School/UFMG
- UFMGA-1240, UFMGA-1007 and UFMG-A905 yeast strains were obtained from the Laboratory of Ecology and Microbiology of the ICB/UFMG
- The commercial pressed yeast (COMMERCIAL-yeast) was obtained from the commercial bakery in Belo Horizonte–MG (Brazil).

All the yeast strains were maintained on Potato Dextrose Agar at 4°C covered with a thin layer of sterilized mineral oil in order to avoid air contact. This practice avoids evaporation of liquid and mass losses. Cells of the selected strains and the COMMERCIAL-yeast were inoculated for 48 h at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ in potato agar for activation before performing of the experiments.

2.3 Laboratory scale Fermentation

Each of the cultures grown in tubes containing agar for 48 h at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ was re-suspended in sterile water and inoculated (volume corresponding to 10% of the volume of the culture medium, corresponding to a 4g of dry yeast per liter of pulp) in 250 ml Erlenmeyer flasks containing 100 ml of sterile banana pulp (121 °C for 15 min, pH 5.0). The flasks were incubated for 24 h at $30 \pm 1^\circ\text{C}$ and 150 rev/min. Fermentation tests were conducted in triplicate. Schematic diagram of the experimental fermentation assays is shown in Figure 1.

The final product obtained of fermentation was denominated banana wine. After fermentation, the banana wine was separated from cell biomass by centrifugation The

supernatants (wine) were analyzed for ethanol content by the potassium dichromate method (Zimmermann 1963), for total reducing sugars (TRS) by the DNS (dinitrosalicylic acid) method (Miller 1959), for total acidity, and for glycerol using the Laborlab triglyceride kit (MacGowan et al. 1983). Initial TRS concentration, density, acidity and pH were also determined in the banana pulp.

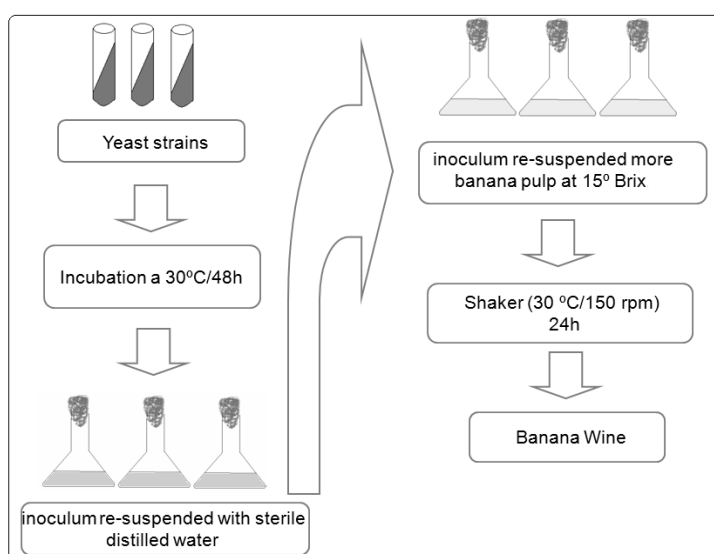


Figure 1- Schematic diagram of the experimental fermentation assays.

All the analyses were performed in triplicate. The kinetic parameters of fermentation were calculated according percent of ethanol yield and of the efficient conversion of TRS to ethanol.

2.4. Analytical Methods

After pre-treatments of hydrolysis and filtration of banana samples (banana pulp) following parameters were analyzed: TRS (total reducing sugars), density, pH, and total acidity.

The analytical parameters analyzed after fermentation of banana pulp (wine) were: TRS (total reducing sugars), density, pH, total acidity, ethanol, glycerol, methanol and higher

alcohols. Also, ethanol yield and efficiency of the conversion of TRS to ethanol by the yeast (%) were determinate.

The cell mass was washed twice with distilled water and dried in an oven at 60 °C to constant weight to determine the dry mass.

All dates were submitted to statistic analysis of variance followed by the Tukey test (5%) for comparison of the means.

2.4.1. Determination of total reducing sugars (TRS)

The DNS (3,5-dinitrosalicylic acid) method developed by Miller (1959) was used to determine the TRS. This determination was preceded by an acid hydrolysis to invert the sucrose. A 2-mL aliquot of the sample was transferred to a 25-mL flask, and 2 mL of hydrochloric acid (2 mol.L⁻¹) was added. The flask was heated in a water bath at 70 °C for 30 minutes and cooled. The contents were neutralized with 2 mL of 2 mol. L⁻¹ sodium hydroxide. The sample was transfer to a 100-mL volumetric flask, and the volume was completed with distilled water. When necessary, further dilutions were performed on the samples so that the concentrations would be within the range of linearity of the calibration curve.

2.4.2. Determination of total acidity

The total acidities of the must and the wine were determined by titration with 0.025 mol. L⁻¹ sodium hydroxide according to the ABNT (1997) method. The determination of total acidity involved the titration of the acid present in the total sample with base.

2.4.3. Determination of glycerol

The Laborlab Liquiform Triglyceride kit (an enzymatic colorimetric method) was employed for the determination of glycerol in the wine (MacGowan et al. 1983). Thirty-microliter aliquots of wine samples were transferred to test tubes, and 3 mL of the enzyme reagent was added to each tube. The tubes were homogenized and incubated for 15 minutes in a water bath at 37 °C. The tubes were cooled, and the values of absorbance were measured at 505 nm on a spectrophotometer (*FEMTO*).

2.4.4. Methanol and higher alcohol contents

The methanol and higher alcohol contents were determined according to the MAPA methods (Brazil, 1986). The total amount of higher alcohols was determined by spectrophotometric measurements performed in the visible spectrum (540 nm). Such quantification was performed by comparison with a calibration curve constructed using a mixture of higher alcohols solubilized in solvent ethanol / water 1:1. Methanol was quantified by spectrophotometric measurements carried out in the visible (575 nm) and compared with absorbance values established through a calibration curve constructed with standard solutions ethanol / methanol, containing known amounts of methanol.

2.4.5. Determination of ethanol and calculation of the kinetic parameters for fermentation

The samples from the fermented media (banana wine) were previously steam-distilled in a Tecnal model Te-012 microstill to determine the ethanol concentration. The ethanol concentration was determined by spectrophotometer (*FEMTO*) at 600 nm by the potassium dichromate method (Zimmermann, 1963).

The ethanol yield was determined from the amount of ethanol formed divided by the theoretical amount calculated on the basis of the quantity of sugar in the must and was expressed as percentage. The amount of ethanol expected was calculated following the fermentation stoichiometry assuming that 1.0g of total sugars produced 0.511g of ethanol. The percent of ethanol yield was calculated according with the following calculation:

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Ethanol produced}}{\text{Theoretical quantity}} \times 100$$

The efficiency of the conversion of TRS to ethanol by the yeast (%) expresses the amount of ethanol produced relative to the theoretical quantity expected based on the sugar content of the must, and it was calculated according with the following calculation:

$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{\text{Ethanol produced}}{(\text{TRS}_i - \text{TRS}_f) \times 0,511} \times 100$$

where:

TRSi: initial sugar content (before fermentation)

TR Sf: final sugar content (after fermentation)

2.5. Experimental procedure

The experimental procedure has been developed in two stages:

- a) Characterization of banana pulp and wine by different yeasts
- b) Determination of fermentation parameters (ethanol yield, efficiency of the conversion of TRS to ethanol), high alcohols, methanol content of the banana wine by different yeasts.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterization of banana pulp and wine by different yeasts

The banana pulp (hydrolyzed pulp) showed initial density of 1.02 g/mL and the initial TRS of 125.05 g/L. The initial acidity of the hydrolyzed banana used for fermentation was 0.25 g of acetic acid per 100 mL and that of the banana wine varied from 0.46 to 0.61 g of acetic acid/100 mL of sample. Lara (2007) obtained 0.28 grams of acetic acid/100 mL of hydrolyzed banana pulp and approximately 0.49 g of acetic acid/100 mL of wine in the production of distilled banana spirits from the "prata" variety of banana. The values found are similar to those encountered by Guimaraes Filho (2003), who used the "Nanicão" variety of banana and observed acidity values of approximately 0.31 g of acetic acid/100 mL of wine. Hernandez-Gomez (2005) obtained 0.54 grams of acetic acid/100mL of melon juice fermented. According to Paraggio & Fiore (2004), acetic acid represents the main volatile acid in fermented beverages and it is recognized as one of the most important by-products

that negatively affect the analytical profile of wine. Acetic acid appears to be formed early in fermentation, coming from bacterial infection (Romano et al., 1992).

The Table 1 resumes the means values for the final concentration of total reducing sugars (TRS), ethanol, final acidity, pH and glycerol content of the banana wine. The pH values founded to the banana wines ranged from 4.29 to 4.40. It is a normal value and it's good in order to inhibit acetic bacteria in the substrate. The pH in different substrates of fermented melon juice founded by Hernandez-Gomes (2005) varied between 4.4 and 4.9. Souflerous (2004) obtained pH values varying from 4.1 to 5.7 for blackberry fruit fermented. Cortez et al. (2000) gave for fermented sugar cane juice pH means value similar to ours. According to Caumeil (1983), this pH usually characterizes wines. Souflerous and Bertrand (1987) presented for tsipouro pH values varying from 4.15 to 7.0, while Lehtonen et al (1999) gave for brandy much lower pH mean values, equal to 3.5. These last authors gave intermediary values of 3.95 and 3.89, for production of whiskey and rum respectively.

Table 1 - Mean values for the final concentration of total reducing sugars (TRS), ethanol, final acidity, pH and glycerol content in the banana wine.

<i>Strains</i>	<i>TRS*</i>	<i>Ethanol**</i>	<i>Final acidity</i> ****	<i>pH</i>	<i>Glycerol *</i>
COMMERCIAL-yeast	3.12 ± 0.17	7.84 ± 0.34	0.49 ± 0.04	4.30 ± 0.06	7.89 ± 1.15
UNICAMP V1	1.20 ± 0.08	6.47 ± 0.02	0.61 ± 0.01	4.34 ± 0.12	7.48 ± 0.67
UFMG A905	4.82 ± 0.17	5.64 ± 0.11	0.51 ± 0.02	4,35 ± 0.17	5.75 ± 0.56
UFMG A1007	4.10 ± 0.14	5.68 ± 0.21	0.50 ± 0.01	4.29 ± 0.05	6.71 ± 1.48
UFMG A1240	6.13 ± 0.03	5.34 ± 0.06	0.46 ± 0.01	4.40 ± 0.10	6.75 ± 0.25

* g.L⁻¹; ** %(v/v); *** g of acetic acid/100 mL. Average ± standard deviation.

Different strains presented variations in the production of ethanol from 5.34 to 7.84% (v/v). This observation can be explained by differences in the tolerance of yeast to the ethanol produced. In orange juice fermented by different yeast strains were found ethanol levels ranging from 3.19 and 6.8%. The authors explained this difference as suggested by Staci et al. (2003) which says variation in alcohol levels could be due to the difference in their optimal physic-chemical conditions; temperature or pH. It has been reported that temperature affects the gene expression in yeast (Okunowo et al., 2005). Fernandez et al. (2008) using a thermotolerance select strain in sugar cane juice found ethanol level of 5,2% (v/v). The COMMERCIAL-yeast presented the highest ethanol concentration, as did the UNICAMP V1

yeast. The ethanol concentration furnished by the UFMG A905 yeast [5.65% (v/v)] was inferior to that obtained by Oliveira et al. (2004) and Silva et al. (2006) utilizing the same strain in sugar cane juice (8.7% v/v) and synthetic medium (8.3% v/v), respectively.

The glycerol content is very important in alcohol fermentation, since it is related to the quality of alcoholic beverages. Parfait & Jouret (1975) related that lactic bacteria can metabolize the glycerol to produce acrolein, which results in negative sensory characteristics for the product. Table 1 shows glycerol content in banana wines produced with different yeast strains and COMMERCIAL yeast. The results are in agreement with those of Radler & Schutz (1982), who reported that the amount of glycerol formed in alcohol fermentation depends on the strain of yeast employed, and production levels vary between 4.2 and 10.4 g.L⁻¹ of wine. Glycerol is one of the products most extensively excreted during the alcoholic fermentation performed with *S. cerevisiae* (Jennings, 1984). According to Rankine & Bridson (1971), about 4 to 5% of the sugar metabolized by yeast is converted into glycerol and this compound in excess can reduce the yield of the beverage as well as contribute to an increase in the acrolein content of distilled spirits, as in the case of fruit spirits. The acrolein, or 2-propenal, is formed by dehydration of glycerol during the distillation, its presence in spirits is undesirable because of its strong pungent odor (Gutierrez, 1993).

3.2. Fermentation parameters, high alcohols and methanol

The means of the fermentation parameters obtained using selected yeasts and COMMERCIAL yeast are presented in the Table 2. Previous studies in our laboratory demonstrated the necessity of filtering the banana pulp and shaking the flasks during fermentation. Without these procedures, very low ethanol yields were obtained, ranging from 40 to 60% for A1240 UFMG, UNICAMP V1 and COMERCIAL-yeast strains. Oliveira (2004) compared different strains of yeast for the production of '*Cachaça*' spirit (distillate from sugar cane) obtained yields that ranged from 48.9% to 90.5% using a synthetic medium containing 150 g. L⁻¹ of glucose as substrate. This author observed a 90.5% yield with synthetic medium and 77.1% with sugar cane broth when the UFMG A905 strain was employed. Silva et al. (2006), using the same yeast strain to ferment sugar cane juice, obtained yields of 84.93% and obtained 82.48% with synthetic medium. The ethanol yields obtained by the same author using the UFMG A1240 strain were 82.09% in synthetic medium and 80.15% with sugar cane

juice. In kiwi wines, the yield found using *S. cerevisiae* strain ranged from 75.6 to 92.4 and the yeast efficiency ranged from 38.6 to 47.2% (Bortolini et al, 2001).

Table 2 – Means of the fermentation parameters for selected yeasts and commercial pressed yeast.

Strains	Yeast efficiency (%)	Ethanol yield (%)
COMMERCIAL_yeast	96.41 ^a	94.06 ^a
UNICAMP V1	90.75 ^a	83.07 ^{ab}
UFMG A905	76.82 ^b	73.69 ^{bc}
UFMG A1007	76.53 ^b	73.90 ^{bc}
UFMG A1240	72.91 ^b	69.16 ^{cd}

Means followed by the same superscript letter are not significantly different by the Tukey test (P<0,05).

Among the yeast strains studied in this work, UNICAMP V1 was the most successful, with no significant differences in ethanol yield and the efficiency of conversion to ethanol when compared with the COMMERCIAL-yeast (Table 2). This result indicates that it is suitable for the fermentation of banana pulp. The values for the efficiency of conversion to ethanol (%) obtained in fermentations conducted with the UFMG A1007, UFMG A905 and UFMG A1240 yeast strains were lower than those obtained with the UNICAMP V1 strain or with the COMMERCIAL_yeast.

The levels of methanol and total higher alcohols of banana wine are shown in Table 3.

Table 3 – Methanol and higher alcohol contents in banana wine.

Treatment (yeast)	Methanol concentration (mL/100 mL anhydrous ethanol)	Higher alcohols contents (mg higher alcohols/100 mL anhydrous ethanol)
COMMERCIAL_yeast	0.174 ^a	78.052 ^b
UNICAMP V1	0.165 ^a	82.260 ^b
UFMG A905	0.177 ^a	226.191 ^c
UFMG A1007	0.189 ^b	30.043 ^a
UFMG A1240	0.173 ^a	48.689 ^a

Means followed by the same superscript letter are not significantly different by the Tukey test (P<0,05).

Methanol, a toxic alcohol, is formed during fermentation by the hydrolysis of natural occurring pectin in wort (Tomoyuki et al., 2000). The methanol produced during fermentation by the UFMG A1007 strain (0.189 mL/100ml anhydrous ethanol) was significantly higher than the levels produced by the other strains evaluated. In addition to producing more methanol, the UFMG A1007 strain furnished low values for the ethanol yield and conversion efficiency. In wines made from orange juice, the amount of methanol found were very high when used strains of yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *S. carlsbergensis* and *S. ellipsoideus* (Okunowo et al., 2007). The production of methanol may be reduced by degrading the pectins with addition of more pectinolytic enzymes prior to the fermentation process. The high levels of methanol and higher alcohols found in the fermented beverage is very important because it will influence the high levels found in the distillate because the distillation process even more concentrated levels of these compounds. Hernandez-Gomes (2005) obtained methanol values for melon distilled varying from 610 to 4700 mg/L anhydrous alcohol (equivalent to 0.75 ml/100mL). Souflerous (1987) found values varying from 106 to 196g/hL in blackberry fruit distillates (equivalent to 1.33 to 2.46 mL/100mL of anhydrous alcohol) These values are high enough when we compare to the Brazilian legislation which says that maximum value to methanol is 0.5 mL/100mL to the distillate spirits.

Regarding the quantity of total higher alcohols produced, there was no difference between the UFMG A1007 and UFMG A1240 strains, and they produced smaller quantities of these compounds than the other strains. The UFMG A905 differed significantly from other strains and produced the largest quantity of higher alcohols. The quantity of higher alcohols produced by the strain UNICAMP V1 and COMMERCIAL-yeast was significantly lower than that obtained with the UFMG A905.

In studies on the production of banana spirits, several authors have obtained concentrations of higher alcohols that were higher than those allowed by the Brazilian legislation (Brazil, 2005). These authors include Guimaraes Filho (2003) and Lara (2007), who obtained higher concentrations (449.80 and 410.1 mg/100 mL of ethanol), respectively, of the higher alcohols in the spirits produced. The excessively high higher alcohol concentrations found in the banana spirits can be compared to those of other studies where spirits were produced from other fruits such as mango, pineapple and cashew (Nunes & Silva, 2007). In the present work, the authors obtained levels close to 500 mg of higher alcohols per 100 g of anhydrous ethanol in the beverages. In the spirit obtained from

fermented banana peel, the content of higher alcohols founded was 434.01 mg/100 mL of ethanol, higher than allowed under Brazilian law for this type of spirit (maximum 360 mg/100 mL of ethanol) (Silva et al, 2009).

These results demonstrate the need and importance of studying methods to adjust the amount of higher alcohols in fruit spirits to the legal limits. Among these methods, one possible approach would be to use yeast strains that produce smaller quantities of higher alcohols during fermentation.

The quality of wine produced depends on the types and source of yeast strain employed in the fermentation process. This study shows significant differences in the fermentation parameters from the *Saccharomyces cerevisiae* strains. The COMMERCIAL-yeast and UNICAMP-V1 strain showed higher ethanol yield and better yeast efficiency for converting total reducing sugars (TRS) into alcohol. Of the other strains studied, UFMG A1240 and UFMG A1007 produced the smallest quantities of higher alcohols. The UNICAMP V1 strain and COMMERCIAL-yeast, in addition to furnishing a high yield of ethanol (83.07 and 94.06%) and a high conversion efficiency (90.75 and 96.41%), also produced lower yields of higher alcohols during fermentation (82.26 and 78.05 g/100 ml of anhydrous ethanol). Thus, the *Saccharomyces cerevisiae* strains UNICAMP-V1 and the COMMERCIAL-yeast showed better fermentative behavior and are recommendable for subsequent production studies of distilled spirits from banana on a pilot plant scale. Moreover, it would be interesting to investigate the amount of toxic compounds, as methanol and high alcohols, in the distillate spirit from banana wines.

CAPÍTULO III

COMPOSTOS VOLÁTEIS EM AGUARDENTES DE BANANA PRODUZIDAS EM ESCALA PILOTO E EFEITO DO CARVÃO ATIVO NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS INDESEJÁVEIS

RESUMO

Na maioria dos trabalhos descritos na literatura sobre produção de aguardente de frutas, a bebida apresenta compostos voláteis acima do máximo permitido na legislação brasileira. Dentre os compostos pode-se citar o excesso de metanol e de alcoóis superiores, o que torna a bebida inadequada para consumo. Portanto, este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da filtração do mosto na formação de compostos secundários em aguardente de banana e também avaliar a sorção com carvão ativo na capacidade de redução de compostos indesejáveis nas aguardentes de banana produzidas em escala piloto. Foram produzidas aguardentes de banana das variedades prata e nanica. As polpas de banana utilizadas foram hidrolisadas com complexo enzimático pectinolítico, submetidas ou não à filtração e então inoculadas com fermento comercial prensado. Os caldos fermentados (vinhos) foram destilados em alambique de cobre. As aguardentes foram analisadas quanto aos teores de ésteres em acetato de etila, alcoóis superiores (isoamílico, isobutílico, n-butílico, sec-butílico e n-propílico), furfural, metanol, aldeídos (em acetaldeído), acidez volátil, grau alcoólico real, cobre e acroleína. Foram realizadas também as mesmas análises em uma amostra de aguardente de banana comercial. As aguardentes produzidas e a amostra comercial foram submetidas a ensaios de sorção com carvão ativo. Após este tratamento as amostras foram analisadas quanto aos teores de cobre, teor alcoólico, acidez volátil, aldeídos (em acetaldeído), metanol, ésteres (em acetato de etila), furfural e os alcoóis superiores sec-butílico, n-propílico, isobutílico, n-butílico, isoamílico. Os compostos analisados nas aguardentes produzidas encontraram-se, em sua maioria, dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira com exceção dos teores de metanol, cobre e alcoóis

superiores. A filtração ocasionou uma redução de compostos indesejáveis como o metanol e os alcoóis superiores. O uso do carvão reduziu os teores de cobre (média de 74% de redução) e de compostos secundários. O teor alcoólico teve redução média de 1,3%; o teor de ésteres de 12,7%; os aldeídos reduziram em média 26,3%; a acidez volátil teve redução média de 17,4%; a concentração de metanol reduziu 15,4% em média e os alcoóis superiores totais reduziram em média 16,5%. Apesar da redução dos alcoóis superiores, metanol e cobre, que estavam acima do padrão, com o uso do carvão ativo esta redução não foi suficiente para que estes compostos ficassem dentro dos valores máximos exigidos. Além disso, outros compostos voláteis também sofreram redução, o que pode ocasionar a obtenção de uma bebida pobre em compostos de sabor desejáveis. Portanto, os resultados mostram que são necessários mais estudos com o uso do carvão ativo, avaliando outras concentrações, granulometrias e tempo de contato com a amostra, e também estudo do processo de destilação para obtenção de uma fração coração de qualidade que se enquadre dentro dos limites exigidos pela legislação vigente.

Palavras chave: aguardente de banana, filtração, compostos secundários, voláteis, carvão ativo, sorção.

1 INTRODUÇÃO

São encontrados muitos trabalhos na literatura a respeito da produção de aguardente de frutas. Porém a metodologia de produção ainda não é padronizada e para as diferentes frutas, são muitas as formas de processamento utilizadas. A filtração do caldo da fruta antes da fermentação ou da destilação é etapa utilizada por vários autores, porém a necessidade desta etapa não foi avaliada e a mesma pode estar relacionada à retenção de substâncias que podem conter ou serem iniciadores da formação de compostos indesejáveis na bebida final. Encontram-se na literatura trabalhos a respeito do processamento de aguardente de manga (ALVARENGA, 2006), de banana (GUIMARAES FILHO, 2003; SILVA, 2004; LARA, 2006; SILVA et al., 2008), de goiaba (ALVES et al., 2008); de melão (HERNANDEZ-GOMES, 2003); de laranja e uva (CLETON & MUTTON, 2004); de jaca (SALVIANO et al., 2007); de pêra (GARCIA-LLOBODANIN, 2008); de amora (SOUFLEROUS et al., 2003), dentre outros. As diferentes formas de processamento proposta pelos autores buscam uma aguardente de qualidade e que principalmente atenda à legislação brasileira. Porém, em quase todos os trabalhos relatados na literatura muitos compostos voláteis ainda são encontrados em excesso nas bebidas obtidas a partir dos mostos das frutas, principalmente os alcoóis superiores e o metanol. O excesso de cobre, nas aguardentes produzidas em alambiques artesanais de cobre, também ainda é um problema bastante encontrado.

Para remoção de cobre, é comum o uso de resinas de troca iônica por alguns produtores de aguardente de cana. O carvão ativo pode ser utilizado com a finalidade de remover compostos voláteis indesejáveis das aguardentes de fruta como os alcoóis superiores e o metanol. O carvão ativo pode atuar como adsorvente, ligando-se por adsorção às moléculas das substâncias indesejáveis.

A adsorção é um processo espontâneo que ocorre sempre que uma superfície de um sólido é exposta a um gás ou um líquido. A adsorção é o fenômeno de fixação de moléculas ou íons de uma substância na superfície da outra. Denomina-se adsorbato a substância que é adsorvida e adsorvente a substância que adsorve (LIMA, 2005). Os adsorventes, ou seja, os sólidos, cujas aplicações industriais remontam há mais tempo, são os carvões ativados e vários tipos de sílica-gel. Esses sólidos são geralmente pouco cristalinos e apresentam estrutura porosa muito pouco regular.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo produzir aguardentes de banana das variedades prata e nanica em escala piloto e estudar o efeito da filtração do mosto nos parâmetros fermentativos e na formação de metanol. Também foi objetivo estudar o efeito do carvão ativo na remoção de compostos voláteis indesejáveis nas aguardentes de banana produzidas em escala piloto visando à obtenção de uma aguardente dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As aguardentes foram produzidas pelo processo de batelada simples compreendendo duas bateladas de cada tratamento. Os tratamentos variaram em relação à variedade de banana utilizada (prata e nanica) e à utilização da etapa de filtração da polpa após hidrólise enzimática. Assim, foram produzidas 2 bateladas da variedade prata utilizando a filtração do mosto, 2 bateladas da variedade prata sem a filtração do mosto e o mesmo para a variedade nanica (totalizando 8 amostras). Foi feito um *blend* das duas bateladas iguais de cada tratamento para realização do ensaio de sorção.

As análises químicas das aguardentes recém destiladas foram realizadas no LAMIB. Já as análises cromatográficas das aguardentes que foram submetidas aos ensaios de sorção foram realizadas no Laboratório de Análise de Bebidas e Vinagres (LANAGRO) do Ministério da Agricultura e Abastecimento, localizado em Andradadas.

2.1 Material

As matérias primas utilizadas no presente trabalho foram bananas da variedade “prata” (*Musa paradisiaca L.*) e da variedade “nanica” (*Musa cavendish*). As bananas foram adquiridas no CEASA de Belo Horizonte. Foi utilizado também complexo enzimático (enzimas pectinolíticas *Pectinex Ultra SP*) no processamento da aguardente, fornecido pelo fabricante *Novozymes*. O carvão ativo utilizado nos ensaios de sorção foram gentilmente cedidos pela empresa *Carbomafra (Carbono 118-90)*.

2.2 Métodos

2.2.1 Produção das Aguardentes

A elaboração das aguardentes de banana foi realizada utilizando a fruta em último estágio de maturação, apresentando injúrias. O processamento da aguardente de banana foi feito conforme metodologia adaptada de LARA (2007) conforme ilustra o fluxograma da Figura 1.

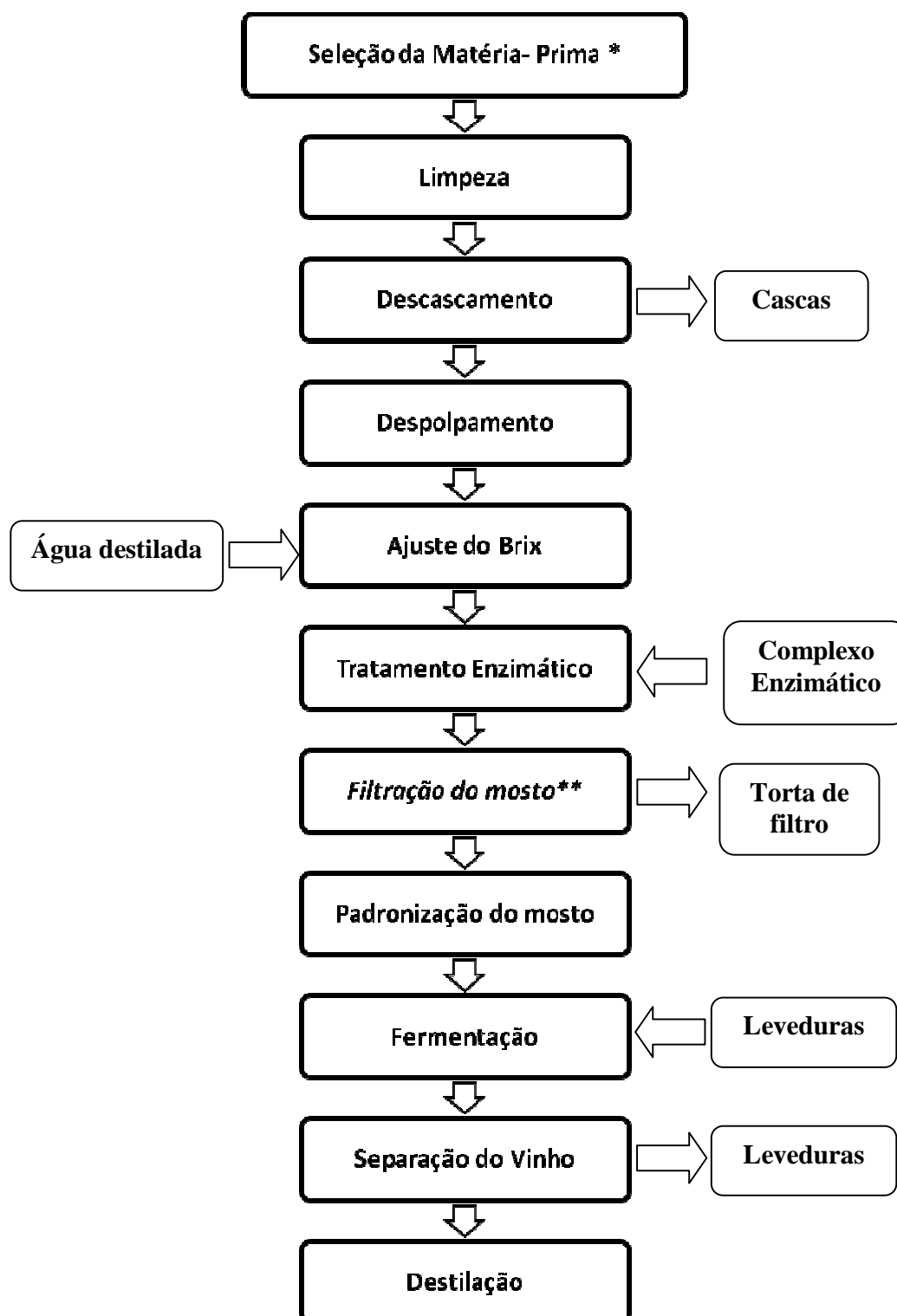


Figura 1 – Fluxograma de produção das aguardentes de banana.

* Variedades utilizadas em cada aguardente produzida: prata ou caturra

**Etapa realizada somente nas amostras filtradas.

A limpeza das frutas foi feita manualmente, efetuando-se uma remoção de sujidades como caules, pedaços de madeira, folhas e insetos.

A separação das cascas da fruta foi também realizada manualmente e após essa etapa a fruta foi encaminhada para despoldadeira compacta, para ser triturada. A polpa foi então tratada com complexo enzimático pectinolítico (0,025 %), em condições já padronizadas (LARA, 2007) para que ocorresse a hidrólise enzimática. A hidrólise foi realizada à temperatura de 30 ± 1 °C, por duas horas. Após esta hidrólise o caldo foi filtrado em tecido de algodão e adicionado de sulfato de amônio na concentração de $0,4 \text{ g.L}^{-1}$ conforme sugerido por LARA (2007). As amostras não filtradas foram adicionadas de sulfato de amônio na mesma concentração. Em todos os tratamentos foram também ajustados os valores de pH e os teores de sólidos solúveis do caldo de banana. O pH foi ajustado para 5,0 por meio da adição de solução de NaOH ($0,01 \text{ mol.L}^{-1}$) e o teor de sólidos solúveis foi ajustado para 15 °Brix com adição de água destilada, segundo recomendação de GUIMARAES FILHO (2003) para fermentação de polpa de banana.

Na fermentação do caldo foi usado fermento comercial prensado úmido constituído de células de *Saccharomyces cerevisiae*, na concentração de 20 gramas de fermento para cada litro de caldo. Utilizou-se dornas de fermentação com capacidade de 15 L. A temperatura de fermentação variou de 27 a 31 °C. Esta variação foi registrada com um termostato com registro de memória. O final de cada fermentação foi determinado pela estabilização da leitura do Brix, isto é, com a leitura de dois valores iguais e consecutivos, em período de uma hora entre as amostragens. O final das fermentações ocorreu após 24 horas com mosto em torno de 5 °Brix. Foram obtidos em média 12 L de vinho de banana. Depois de completada a fermentação alcoólica, o caldo fermentado (vinho) foi separado por decantação e foi então destilado em alambique de cobre (previamente limpo com solução de ácido cítrico 3%) de capacidade útil de 15 L contendo um prato e deflegmador na coluna. A destilação procedeu até que o destilado obtido tivesse cerca de 45 °GL, medidos com o auxílio de alcoômetro. Foram obtidos cerca de 1,4 L de aguardente em cada destilação sendo que 10% do destilado inicial, a fração de cabeça, foi separada e descartada.

As frações do destilado (cabeça, coração e cauda) obtidas foram analisadas quanto ao teor alcoólico utilizando-se alcoômetro.

2.2.2 Análises físico químicas do caldo de banana e do caldo de banana fermentado (vinho)

Foram determinados o teor de açúcares redutores totais (ART), a acidez total expressa em ácido acético, o pH e o teor de sólidos solúveis antes e após a fermentação. Após fermentação, foram também determinados o teor alcoólico e teor de glicerol.

A acidez total do mosto e do vinho foi determinada por titulometria, com hidróxido de sódio $0,025 \text{ mol. L}^{-1}$, segundo ABNT (1997).

O pH foi determinado em pHmetro digital marca QUIMIS, a determinação do teor alcoólico foi realizada após a destilação das amostras em microdestilador (Modelo Te-012) de álcool marca TECNAL (modelo TE012). A concentração de etanol foi determinada espectrofotometricamente pelo método do dicromato de potássio modificado (ZIMMERMAN, 1963). Nesta reação, em meio ácido, o etanol é oxidado a ácido acético e a solução adquire tonalidade verde proporcional à concentração de etanol na amostra. O íon bicromato de cor amarela é reduzido a íon cromoso, de cor verde, que absorve a 600 nm. A intensidade da absorção é proporcional à concentração de íon cromoso formado e do etanol oxidado (CROWELL, 1961).

Para a determinação dos açúcares redutores totais (ART) foi utilizada a metodologia do DNS (ácido 3,5 dinitrossalicílico) desenvolvida por MILLER (1959). Esta determinação foi precedida de uma hidrólise ácida, para a conversão da sacarose em açúcares redutores (glicose e frutose). Uma alíquota de 2 mL da amostra foi transferida para frasco Erlenmeyer de 25 mL e adicionou-se 2 mL de ácido clorídrico 2 mol. L^{-1} . O frasco Erlenmeyer foi colocado em banho-maria a $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, em seguida foi resfriado e seu conteúdo foi neutralizado com 2 mL de hidróxido de sódio 2 mol. L^{-1} . Transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 100 mL e o volume completado com água destilada. Outras diluições foram realizadas nas amostras para que a concentração das mesmas ficassem dentro da faixa de linearidade da curva de calibração.

Para a dosagem de glicerol nos caldos fermentados (vinhos) obtidos foi utilizado o Kit Triglicerides Liquiform da marca *Labtest* que utiliza metodologia colorimétrica enzimática. Alíquotas de 30 μL das amostras de vinho foram colocadas em tubos de ensaio e em cada tubo foi adicionado 3 mL do reativo enzimático. Os tubos foram homogeneizados e incubados em banho maria por 15 minutos a 37°C . Após os mesmos serem resfriados em

água corrente, foi feita leitura em espectrofotômetro (*FEMTO*) no comprimento de onda de 505 nm.

2.2.3 Análises nas aguardentes recém destiladas

Nas aguardentes (fração coração) foram determinados os teores de ésteres em acetato de etila, alcoóis superiores (isoamílico, isobutílico, n-butílico, sec-butílico e n-propílico), furfural, metanol, aldeídos (em acetaldeído), acidez volátil, grau alcoólico real, cobre e acroleína. Essas análises foram realizadas no LAMIB.

Para determinação do teor de cobre e de ésteres foi utilizado o método químico da ABNT (1997). O grau alcoólico, a acidez volátil, os aldeídos totais (expressos em acetaldeído), furfural e metanol foram realizados utilizando os métodos químicos seguindo as especificações estabelecidas pelo Decreto 2314 de 04/09/1997, artigo 91- MAPA (BRASIL, 1997). As determinações dos teores de acroleína e alcoóis superiores foram realizadas utilizando métodos cromatográficos de acordo com o Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003). Os procedimentos dos métodos utilizados estão detalhados a seguir:

a) cobre: foi determinado por meio de medidas espectrofotométricas, em 546 nm na região visível. As quantidades de cobre foram determinadas por comparação das absorvâncias observadas na amostra de aguardente com valores de absorvâncias referentes a uma curva de calibração previamente construída, utilizando-se sulfato de cobre pentaidratado como padrão.

b) ésteres: foram determinados através de titulação dos ácidos carboxílicos obtidos por trans-esterificação dos ésteres, sendo os resultados expressos em g de acetato de etila para 100 mL de álcool anidro.

c) teor alcoólico (grau alcoólico real): foi determinado destilando-se, inicialmente, 220 mL de uma mistura 1:10 água/aguardente. Após destilação, diluíram-se 150 mL do produto da destilação com 50 mL de água. O teor alcoólico foi obtido a partir de medidas feitas a 20 °C, com auxílio de um alcoômetro, e os resultados expressos em % v/v de etanol.

d) acidez volátil: foi determinada através da extração dos ácidos voláteis utilizando-se técnicas de arraste a vapor d'água em *Cazenave Ferré*. O extrato obtido foi titulado através de métodos de titulação. Os resultados dessas análises foram expressos em g de ácido acético para 100 mL da amostra ou para 100 mL de álcool anidro.

d) aldeídos: foram dosados através de métodos iodimétricos, titulando-se o SO₂ produzido durante a seqüência de reações do processo analítico. A quantidade de aldeídos presentes nas amostras é expressa em g de aldeído acético para 100 mL de álcool anidro.

e) furfural: a quantidade de furfural foi determinada por meio de leituras espectrofotométricas na região visível do espectro (520 nm).

f) metanol: foi quantificado através de medidas espectrofotométricas, realizadas na região visível (575 nm) e comparadas com valores de absorbâncias estabelecidos através de uma curva de calibração construída com soluções padrão etanol/metanol, contendo quantidades conhecidas de metanol.

e) acroleína total e alcoóis superiores (propanol, butanol, isobutílico, amílico e isoamílico): foram realizadas por cromatografia gasosa. Foi utilizado cromatógrafo Modelo CG-37, com detector de ionização de chama. As condições de análise foram as seguintes: Coluna 15% Hallcomid M18 sobre chromosorb WHP 100 a 120 mesh; fluxo de ar: 300 mL/min (3 a 4 s); Fluxo do hidrogênio: 30 mL / min (38 a 40 s); fluxo de nitrogênio: 30 mL / min.; temperatura da coluna: 82 °C; temperatura do injetor: 130-150 °C; temperatura do detector: 170 °C; tempo de varredura: 70 min. Estas determinações foram realizadas no laboratório LABM, em Belo Horizonte.

As análises foram realizadas em triplicatas.

2.2.4 Ensaio de Sorção

As duas bateladas de cada tratamento descrito no item 2 deste capítulo, foram misturadas e submetidas aos ensaios de sorção. Os ensaios foram realizados após seis meses de armazenamento das amostras de aguardente em garrafas de vidro fechadas com tampas de rosca e *parafilm*, em duas repetições. Para tal, foram colocados 200 mL de cada

amostra produzida em frascos de Erlenmeyers de 250 mL de volume. Foi adicionado carvão ativo na concentração de 12 g L^{-1} da marca *Carbomafra* (Carbono 118-90) em cada frasco Erlenmeyer. Estes foram submetidos à agitação em *shaker* (150 rpm) a temperatura ambiente por um período de 60 minutos, conforme sugerido por (LIMA et al, 2006). Após o ensaio de sorção as amostras foram filtradas em papel de filtro qualitativo (marca *Qualy*, de gramatura 80 g/m^2 , espessura dos poros $205 \text{ }\mu\text{m}$, $15,0 \text{ cm}$ de diâmetro) e então acondicionadas em garrafas de vidro com tampa de rosca. O mesmo procedimento foi realizado com as mesmas amostras de aguardente sem a adição do carvão ativo (amostras controle). Além das análises feitas nas aguardentes produzidas foi também analisada uma aguardente comercial de banana adquirida no comércio local de Belo Horizonte.

2.2.4.1 Análises das amostras submetidas ao ensaio de sorção

Uma fração de cada amostra foi submetida à análise de cobre e acidez volátil e o restante da amostra foi previamente destilada para dosagem de ésteres em acetato de etila, alcoóis superiores (isoamílico, isobutílico, n-butílico, sec-butílico e n-propílico), furfural, metanol, aldeídos (em acetaldeído) e grau alcoólico real.

Para tais determinações, 100 mL de cada amostra de aguardente foi inicialmente destilada em microdestilador de aquecimento por eletrodo. Um volume de 20 mL do destilado foi recolhido em balão volumétrico de 100 mL, o qual foi completado com água destilada e em seguida homogeneizado. Deste balão foram retiradas alíquotas para as determinações acima citadas (BRASIL, 2003). Nas determinações de acetaldeído, acetato de etila, alcoóis superiores, furfural e metanol foi utilizado cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17A com injeção automática, detector e ionização de chama e coluna capilar de 30m por $0,25 \text{ mm}$ de diâmetro interno, com espessura de filme de $0,25 \text{ }\mu\text{m}$ de fase estacionária DB-VAX.

A acidez volátil foi determinada conforme BRASIL (1986). Para a determinação da acidez volátil as amostras de aguardente foram previamente destiladas por arraste de vapor em destilador Gilbertini e tituladas com $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$ e fenolftaleína como indicador.

Para a determinação do grau alcoólico real a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ foi utilizado densímetro eletrônico DMA48 PAAR. A análise de cobre foi realizada de acordo com a metodologia da ABNT (1997).

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Bebidas e Vinagres do Ministério da Agricultura (LANAGRO), em Andradadas – MG.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Processamento das aguardentes de banana

As aguardentes foram produzidas em duas bateladas para cada variedade de banana utilizada e em cada batelada foi obtido em média 1,4 L. Na produção de aguardente de banana prata foram utilizados 25 kg de banana prata madura e obtidos 9 kg de resíduo e 16 kg de polpa, obtendo-se 64% de rendimento de extração em polpa. Já para produção de aguardente de banana nanica, foram utilizados 25 kg de banana madura e foram obtidos 10 kg de resíduos e 15 kg de polpa, obtendo-se um rendimento de extração em polpa de 60 %. Em um estudo de produção de aguardente de banana, LOPES (2005) obteve um rendimento de extração em polpa de 78,8%. A razão entre o peso da polpa e a casca para a banana é de 1,2 até 1,6 quando a fruta está verde e esta variação aumenta para 2,2 a 2,4 em estágio de maturação mais avançado. Este valor pode chegar até a 3,0 ou mais quando a fruta esta no último grau de maturação e começa a deteriorar-se sob estocagem. Esta razão é denominada coeficiente de maturidade (LOESECHE, 1950).

Os valores de sólidos solúveis para as polpas de banana foram 21 e 23 °Brix, respectivamente, para as variedades prata e nanica. A Figura 2 (a) e (b) mostra as matérias-primas utilizadas em uma das etapas iniciais do processo de produção da aguardente. As frutas apresentavam baixo valor comercial em estágio avançado de maturação apresentando injúrias.



(a)



(b)

Figura 2 – Matérias prima utilizadas na produção das aguardentes.
(a) Banana prata e (b) Banana nanica.

3.2 Análises das polpas e dos vinhos das aguardentes produzidas

Nas polpas e nos vinhos de banana obtidos foram analisados os teores de etanol e açúcar redutores totais conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Teores médios de etanol e ART inicial (ARTi) e ARTresidual (ARTr) médios nos caldos fermentados (vinhos de banana).

Mostos fermentados	Teor de etanol (%v/v)	ARTi (g.L ⁻¹)	ARTf (g.L ⁻¹)
Banana prata	5,98 ± 1,2	151,81 ± 1,1	5,09 ± 1,4
Banana nanica	6,29 ± 1,9	135,52 ± 1,4	3,91 ± 0,8
Banana prata filtrada	7,15 ± 2,1	139,83 ± 0,9	2,62 ± 0,7
Banana nanica filtrada	6,98 ± 1,3	137,14 ± 2,1	3,20 ± 1,1
Médias ± Desvio padrão			

Os teores alcoólicos nos caldos fermentados (vinhos) do presente trabalho variaram de 5,98 a 7,15 % (v/v). Estes valores variaram em função dos diferentes teores de açúcares iniciais do suco de banana. Os valores encontrados foram superiores aos valores obtidos por SILVA (2004) em caldo fermentado de banana, de 2,4 a 4,2 % (v/v), utilizando mosto inicial com 10 e 14 °Brix para produção de aguardente.

Nos vinhos produzidos foram analisados os teores de glicerol e os valores encontrados estão mostrados no gráfico da Figura 3.

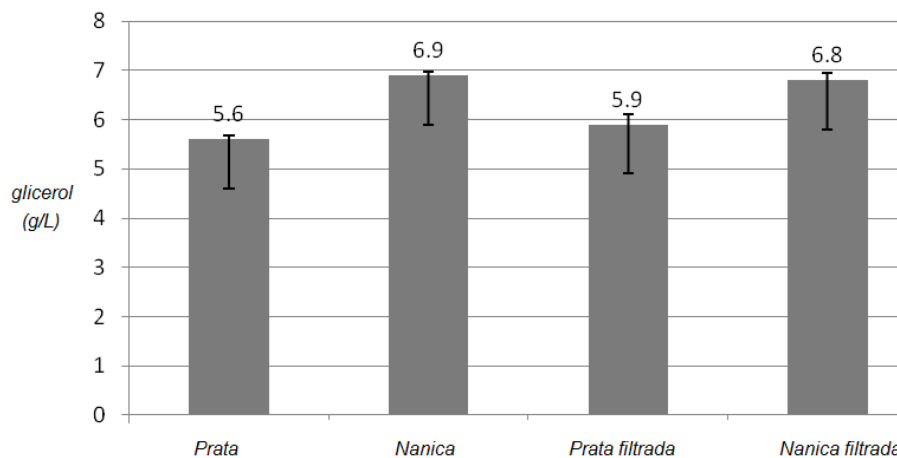


Figura 3 – Teores médios de glicerol (g.L^{-1}) encontrados nos mostos fermentado (vinhos de banana). Valores médios \pm desvio padrão.

Conforme mostra a Figura 3, os valores de glicerol nos fermentados de banana variaram de 5,6 a 6,9 g.L^{-1} , sendo que os maiores teores de glicerol foram encontrados no caldo fermentado de banana nanica. Estes valores foram semelhantes aos encontrados na fermentação alcoólica de meio sintético contendo glicose como fonte de carbono obtidos por OLIVEIRA (2001) que encontrou valores variando de 5,2 a 12,0 g.L^{-1} para fermentação utilizando leveduras selecionadas, e aos encontrados por CLETON & MUTTON (2004) na fermentação de caldo de cana (11,2 g.L^{-1}). Os mesmos autores encontraram valores de glicerol em torno de 10,8 g.L^{-1} em mosto fermentado de laranja para produção de aguardente de laranja e 9,5 g.L^{-1} em mosto fermentado de uva para produção de aguardente de uva.

Um elevado teor de glicerol no meio de fermentação pode favorecer a formação de acroleína. A acroleína, também conhecida como 2-propenal, é uma substância carcinogênica oriunda do processo de fermentação, podendo ser formada pela desidratação do glicerol ou por contaminação bacteriana durante a destilação do mosto fermentado, tendo em vista que a formação desta é proveniente do glicerol existente no vinho (CARDOSO, 2006; SAUVAGEOT et al., 2000).

3.3 Análises dos componentes secundários das aguardentes de banana produzidas e da aguardente comercial

A Tabela 2 mostra os valores encontrados para os componentes secundários, teor alcoólico e cobre das aguardentes de banana produzidas e da aguardente de banana comercial.

Tabela 2 – Média das análises químicas das aguardentes de banana produzidas e da aguardente de banana comercial

Parâmetros	Aguardentes						*Referência (BRASIL, 1974)	**Referência (BRASIL, 2005)
	Comercial	Prata	Prata Filtrada	Nanica	Nanica Filtrada			
Teor Alcoólico	39,2	44,6	46,6	45,2	45,9	38 a 54	36 a 54	
Cobre (2)	0,86	6,04	5,61	6,98	6,80	5	5	
Ésteres (3)	105,60	65,99	105,00	92,66	93,09	250	200	
Aldeídos (3)	5,80	4,77	4,56	4,71	4,65	30	30	
Furfural (3)	1,04	1,44	1,91	1,54	1,90	5	5	
Metanol (4)	0,16	0,59	0,43	0,55	0,30	0,5	0,025	
Acidez volátil (3)	22,96	26,91	26,91	35,40	29,44	100	150	
Alc. superiores	204,80	626,00	610,70	891,00	790,2	300	360	

(1) Expresso em °GL a 20 °C; (2) Expresso em mg.L⁻¹; (3) Expresso em mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro; (4) Expresso em mL.100 mL⁻¹ de álcool anidro.* Legislação para aguardente de frutas; ** Legislação para aguardente de cana.

As aguardentes produzidas apresentaram a maioria dos compostos dentro dos limites exigidos pela legislação, com exceção dos alcoóis superiores, metanol e do teor de cobre.

Os teores alcoólicos das aguardentes analisadas se encontraram todos dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, variando de 39,2 (aguardente comercial) a 46,6°GL (aguardente de banana prata filtrada).

A quantidade de cobre presente nas aguardentes produzidas ultrapassou os limites permitidos pela legislação, assim como em outros trabalhos sobre aguardente encontrados na literatura (CRISPIM et al., 2000;FRANCO, 2003).

Os teores de ésteres em acetato de etila encontrados nas aguardentes de banana ficaram dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira. Em aguardentes de banana produzidas por SILVA (2004) e GUIMARAES FILHO (2003) os teores de ésteres obtidos foram inferiores aos obtidos no presente trabalho, variando de 14,0 a 48,7 mg de acetato de etila por 100 mL álcool anidro.

Os teores de acetaldeído encontrados nas aguardentes variaram de 4,6 a 5,8 mg de acetaldeído por 100 mL de álcool anidro. Em outros trabalhos sobre aguardentes encontrados na literatura, os valores de acetaldeído também ficaram dentro do limite estabelecido pela legislação. LARA (2007) encontrou 28,2 mg de acetaldeído por 100 mL de álcool anidro em aguardente de banana prata. GUIMARAES FILHO (2003) encontrou 37 mg de acetaldeído por 100 mL de álcool anidro para aguardente de banana nanica, teores acima do limite máximo exigido pela legislação que é de 30 mg de acetaldeído por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005; BRASIL, 1974). SOUFLEROS et al, (2003) encontraram 4,5 mg de acetaldeído por 100 mL de álcool anidro em aguardente de amora; em aguardente de manga, ALVARENGA (2006) encontrou 12,1 e SILVA E NUNES (2007) encontraram 31,7 mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro. Já em aguardente de abacaxi, SILVA & NUNES (2007) encontraram 1,47 mg de acetaldeído/100 mL de álcool anidro. Segundo GUIMARAES FILHO (2003) a alta concentração de acetaldeído nas bebidas fermentadas está associada à alta quantidade de alcoóis superiores produzidos na fermentação, pois os aldeídos são considerados intermediários na formação dos alcoóis superiores. Valores de aldeídos muito elevados também indicam má separação das frações na destilação o que afeta a qualidade da aguardente.

É relevante destacar que os teores de alcoóis superiores encontrados nas aguardentes foram bastante elevados, muito acima do permitido pela legislação, conforme mostra o gráfico da Figura 4.

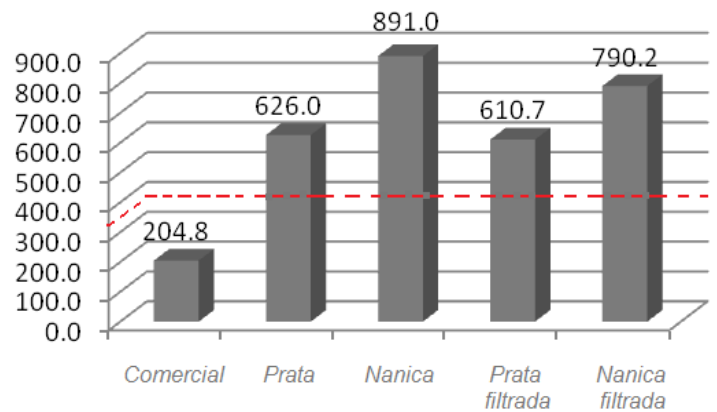


Figura 4 – Teores médios de alcoóis superiores totais (mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro) nas aguardentes de banana produzidas e aguardente de banana comercial.

De acordo com MAIA (2006), a aeração do mosto durante a fermentação favorece a formação de alcoóis superiores. O mesmo efeito pode advir da presença de materiais porosos no mosto, que funcionam como fonte de oxigênio. No mosto de banana, há a formação de uma camada espessa e porosa de materiais orgânicos na superfície do mosto, possibilitando o acesso de oxigênio do ar ao mosto, o que também foi observado por GUIMARÃES FILHO (2003) no processo de fabricação de aguardente de banana da variedade nanica, o que pode acarretar o aumento nos teores de alcoóis superiores. Nas amostras em que houve a filtração do mosto durante o processamento, os teores de alcoóis superiores foram menores. A etapa de filtração tornou o suco de banana menos viscoso, facilitando a fermentação e reduzindo a formação de camada espessa e porosa na superfície do mosto fermentativo. Altas temperaturas de fermentação também podem ocasionar aumento da concentração de alcoóis superiores.

Em vários trabalhos sobre produção de aguardentes de diferentes frutas os valores encontrados de alcoóis superiores foram mais elevados do que os valores máximos permitidos pela legislação, conforme mostra o gráfico da Figura 5.

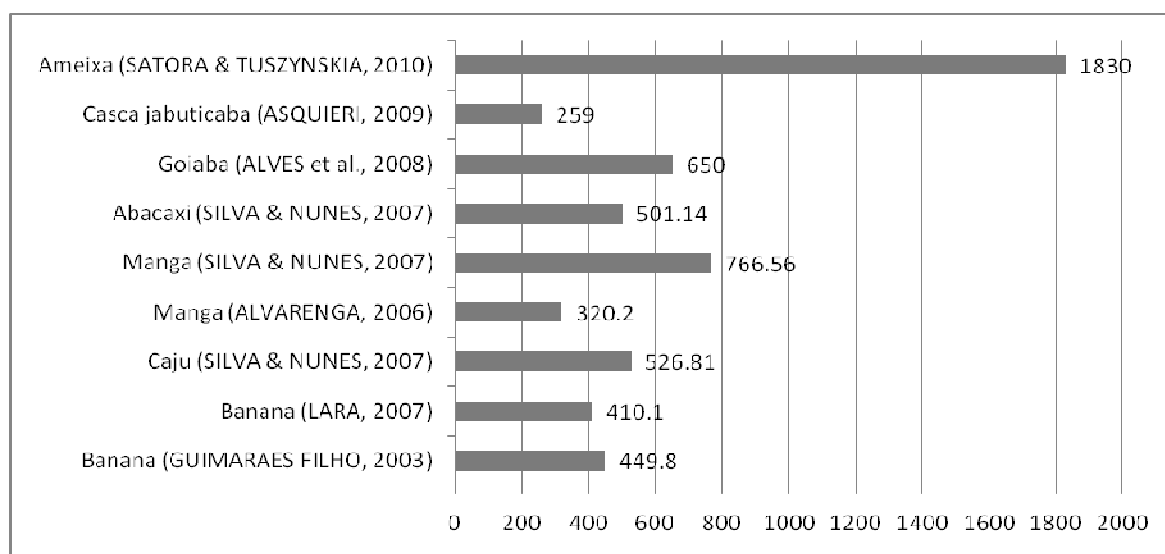


Figura 5 – Teores de alcoóis superiores totais em aguardentes de fruta. Valores em mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro.

A Tabela 3 mostra os teores médios para os alcoóis propílico, isobutílico e isoamílico encontrados nas aguardentes de banana obtidas no presente trabalho e na aguardente de banana comercial e outras aguardentes de frutas encontrados na literatura.

Tabela 3 – Teores médios dos alcoóis n propanol, isobutanol e álcool isoamilico nas aguardentes de banana produzidas, aguardente de banana comercial e outras aguardentes de frutas.

Aguardentes	Alcoóis Superiores		
	n propílico*	Isobutílico*	Isoamílico*
Aguardente de banana comercial	15,4	98	91,4
Aguardente de banana prata	39,5	160,9	425,6
Aguardente de banana prata filtrada	49,6	189,4	371,7
Aguardente de banana nanica	93	300,9	497,1
Aguardente de banana nanica filtrada	91	298,2	401
Aguardente de banana (SILVA, 2004)	76 a 174	63 a 168	291 a 305
Aguardente de cana (CLETON & MUTTON, 2004)	30,3	140,7	290,7
Aguardente de laranja (CLETON & MUTTON, 2004)	52,8	111,1	237,2
Aguardente de uva (CLETON & MUTTON, 2004)	18,9	38,2	117,2

*Expressos em mg.100 mL⁻¹ de etanol.

As altas concentrações de alcoóis superiores nas aguardentes obtidas mostram que são necessários mais estudos para adequar os teores desses compostos aos valores exigidos pela legislação brasileira. Uma das possibilidades para se atingir este objetivo pode ser o uso do carvão ativo para adsorver o excesso deste composto ou o ajuste do ponto de corte das frações durante a destilação. Os alcoóis superiores saem mais nas primeiras frações do destilado, assim, se forem coletados volumes maiores da fração cabeça, reduz-se o teor de alcoóis superiores na aguardente.

Em relação a acroleína, os teores encontrados em todas as amostras foi de 0,2 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro, valor que está dentro do máximo permitido pela legislação vigente (5,0 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro).

Os teores médios de metanol encontrados nas aguardentes produzidas, aguardente comercial e outras aguardentes de frutas, encontrados na literatura, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Teores médios de metanol encontrados nas aguardentes de banana produzidas, aguardente de banana comercial e em outras aguardentes de frutas.

Aguardentes de fruta	Metanol (mg.100 mL ⁻¹ de a.a)
Aguardente Comercial	12,8
Banana prata	46,96
Banana prata filtrada	34,16
Banana nanica	23,6
Banana nanica filtrada	19,20
Manga (ALVARENGA, 2006)	79,4
Banana (LARA, 2006)	76,3
Manga (SILVA e NUNES, 2007)	48,88
Abacaxi (SILVA e NUNES, 2007)	8,20
Banana (GUIMARÃES FILHO, 2003)	398,85
Amora (SOUFLEROS et al., 2003)	14,57
Destilado de pêra (BAUER - CHRISTOPH et al.,1997)	79,6
Destilado de maçã (BAUER - CHRISTOPH et al.,1997)	35,9
Destilado de ameixa (BAUER - CHRISTOPH et al.,1997)	86,6
Banana (SILVA, 2004)	52,6 a 145,6
Laranja, uva e cana (CLETON & MUTTON, 2004)	Ausência
Goiaba (ALVES, 2008)	62
Pêra (GARCIA-LLOBODANIN, 2008)	17,6 a 21,4

Os teores de metanol encontrados nas aguardentes de banana prata e nanica cujos caldos sofreram filtração foram inferiores aos das bebidas nas quais os mostos não foram filtrados. Essa redução nos teores de metanol pode ter ocorrido devido ao fato da filtração reter substâncias que contêm pectina, que são as responsáveis pela produção de metanol.

Isto indica que esta etapa no processamento é muito importante e necessária para se obter uma bebida com teores de metanol adequados.

O metanol é um composto que está naturalmente presente em diversas bebidas alcoólicas em pequenas quantidades em relação aos demais componentes. Entretanto atenção especial deve ser dada quando a bebida é elaborada a partir de frutas, dependendo da quantidade de pectinas presente na fruta e ainda do uso de frutas pouco maduras, há um maior risco da bebida apresentar maiores concentrações de metanol em função do maior conteúdo de pectina apresentado por estas (BLINDER et al., 1988).

Os valores máximos de metanol permitidos pela legislação brasileira para aguardente de frutas é $40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ (ou $0,05 \text{ mL} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) e para aguardente de cana é $50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ (ou $0,025 \text{ mL} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$). Altas concentrações de metanol têm sido encontradas em aguardentes de frutas. Segundo BASIË et al.(1998), apesar do metanol ser um componente de presença comum em aguardentes de frutas, tem sido alta a incidência de amostras com concentrações acima dos limites estabelecidos pela legislação situando-se em torno de 33% em 58 amostras analisadas.

3.4 Ensaio de Sorção

A Tabela 5 mostra os teores médios de cobre, teor alcoólico e dos compostos secundários encontrados nas amostras de aguardente de banana que sofreram o tratamento com carvão ativo e as amostras controle.

Tabela 5 – Teores de compostos secundários, cobre e teor alcoólico nas aguardentes de banana submetidas aos ensaios de sorção.

Composto	Comercial		Prata		Nanica		Prata Filtrada		Nanica Filtrada	
	Controle	com carvão	Controle	com carvão	Controle	com carvão	Controle	com carvão	Controle	com carvão
Teor alcoólico (1)	39.15±0.00	38.92±0.00	44.50±0.00	44.08±0.01	45.71±0.01	45.14±0.19	46.54±0.06	45.92±0.02	45.9±0.02	44.93±0.01
Cobre	0.89±0.00	0.11±0.00	6.83±0.00	1.41±0.00	7.56±0.00	2.65±0.00	7.78±0.00	1.82±0.00	7.65±0.01	2.93±0.00
Ésteres (2)	19.40±0.00	18.11±0.01	3.82±0.120	3.21±0.02	11.37±0.07	10.48±0.01	6.89±0.01	5.33±0.02	12.90±0.03	11.53±0.03
Aldeídos (2)	8.05±0.00	4.08±0.03	8.60±0.01	4.79±0.27	15.60±0.03	14.54±0.06	15.37±0.10	12.24±0.03	14.80±0.02	13.23±0.01
Furfural (2)	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	0.46±0.01	nd	nd	nd
Metanol (3)	0.09±0.00	0.09±0.00	1.56±0.01	0.59±0.01	0.49±0.00	0.46±0.00	0.55±0.00	0.52±0.02	0.50±0.00	0.48±0.01
Acidez Volátil (2)	46.16±0.01	30.91±0.02	27.36±0.06	26.30±0.00	40.51±0.01	32.63±0.04	35.53±0.01	26.22±0.01	38.94±0.23	35.85±0.01
Alcoóis Superiores (2)	106.59±0.04	87.02±0.31	586.99±0.42	554.65±1.47	788.39±1.78	528.68±1.28	654.60±0.57	607.17±0.98	750.22±0.15	611.42±0.01
sec-butilico	6.18±0.01	1.06±0.01	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-propanol	11.39±0.02	11.12±0.05	33.72±0.02	31.74±0.70	70.46±0.06	66.56±0.60	47.40±0.13	45.24±0.37	71.27±0.09	67.91±0.02
iso-butilico	9.01±0.01	5.03±0.00	150.99±0.01	147.48±0.66	259.62±1.13	242.07±0.14	203.85±0.22	192.49±0.51	260.30±1.9	248.66±0.01
n-butilico	2.55±0.00	1.55±0.01	2.59±0.00	2.36±0.31	8.46±0.06	8.16±0.00	3.49±0.00	3.71±0.02	8.32±0.08	8.09±0.01
iso-amilico	77.47±0.07	68.26±0.27	399.69±0.41	373.08±1.2	449.86±0.53	211.88±0.53	399.85±0.21	365.73±0.10	445.90±0.62	300.11±0.02

(1) Expresso em %v/v a 20 °C; (2) Expresso em mg.100mL⁻¹ de álcool anidro; (3) Expresso em mL.100mL⁻¹ de álcool anidro. Valores médios (Média ± Desvio Padrão. Nd= não detectado)

Observa-se na Tabela 5 que os compostos secundários sofreram modificação no seu teor após a sorção com o carvão. O grau alcoólico foi pouco afetado pelo carvão ativo, isso se deve provavelmente ao fato do carvão ativo estar em quantidade pequena em relação ao etanol. Resultado semelhante foi observado por LIMA et al (2006) ao avaliar diferentes concentrações de carvão ativo na redução de cobre em cachaças.

A Figura 6 mostra os resultados referentes às análises de cobre nas aguardentes de banana submetidas aos ensaios de sorção com carvão ativo e nas amostras controle.

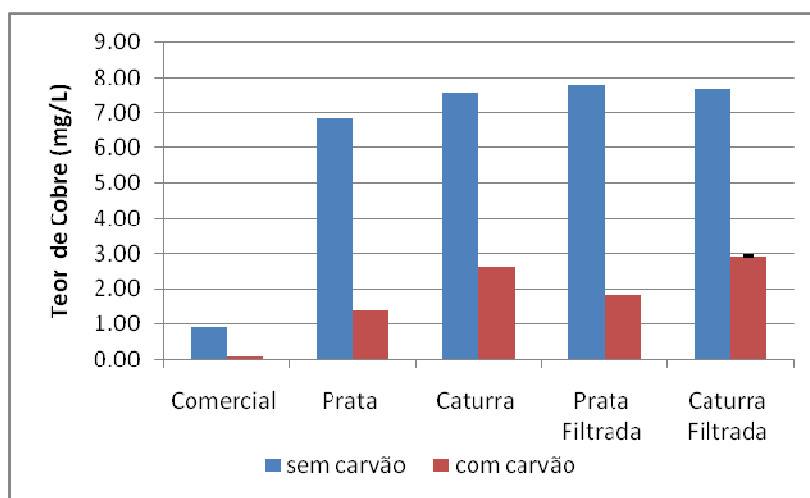


Figura 6 – Teores de cobre das aguardentes submetidas aos ensaios de sorção com carvão ativo e nas amostras controle.

A legislação brasileira vigente, estabelece que o teor máximo de cobre permitido é 5 mg.L⁻¹ e, portanto, as aguardentes produzidas se apresentaram fora do padrão estabelecido. Após a sorção todas amostras ficaram dentro do padrão, o que mostra que o uso do carvão ativo foi eficaz na retirada do excesso de cobre. O percentual de redução no teor de cobre das amostras foi em média de 74,2%. Uma outra medida importante na redução do teor de cobre nas aguardente é a limpeza constante do alambique com ácido cítrico a 3% e durante a não utilização do alambique encher a panela e a serpentina do condensador com água, para evitar a oxidação do cobre e formação do azinhavre, o que se confirmou em estudos posteriores de produção de aguardente nos quais as mesmas ficaram com baixo teor de cobre. A redução dos teores de cobre já eram esperadas, uma vez que o uso de carvão ativo já é estudado como agente redutor de cobre em cachaças e já é utilizado em alguns

alambiques produtores. LIMA et al. (2009) analisando redução de componentes secundários e cobre em cachaças comerciais, avaliaram o uso do carvão ativo e de resinas de troca iônica. Os autores verificaram que o carvão ativo não removeu cobre suficiente para reduzir a sua concentração para valores inferiores a de 5 g L^{-1} , e removeu grandes quantidades de alcoóis superiores e ésteres. SANTOS (2009) em estudos de remoção de cobre com carvão e outras resinas concluiu que o carvão ativo e as resinas *Amberlite 120Na* e *252Na* poderiam ser utilizados pois removem os íons de cobre em concentração igual ou inferior a $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ desde que o carvão ativo não fosse utilizado mais do que 5 vezes e as resinas mais do que 6 vezes, isso se a concentração inicial de cobre na aguardente não for superior ao valor máximo de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ fixado pela legislação brasileira. CANTAO (2006) avaliando o uso de adsorventes na remoção de cobre em cachaças comerciais verificou que zeólita e bentonita adsorveram mais cobre quando estavam presentes em etanol puro do que quando em aguardente. O autor sugere, com base nesses resultados, que o cobre em aguardente pode estar ligado a moléculas volumosas, como, por exemplo, alcoóis superiores, dificultando sua entrada nos poros pequenos da argila bentonita e da zeólita. Os autores verificaram também que a bentonita foi mais eficiente na remoção do cobre do que a zeólita, mas ambas reduziram as concentrações dos demais componentes secundários da aguardente.

Com relação aos teores de alcoóis superiores totais a Figura 7 mostra os resultados dos ensaios de sorção para estes compostos.

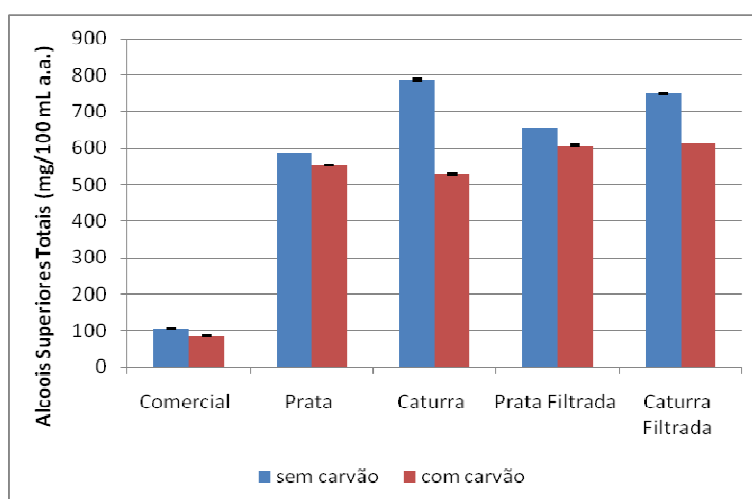


Figura 7 – Teores de alcoóis superiores totais nas aguardentes de banana submetidas ao ensaio de sorção com carvão ativado e amostras controle.

Os teores de alcoóis superiores diminuíram nas amostras tratadas com carvão ativo (16,51% de redução média entre as aguardentes), conforme mostra a Figura 7. Apesar do uso do carvão ativo, os teores de alcoóis superiores ainda ficaram acima dos valores permitidos, o que sugere que devem ser feitos mais estudos sobre o uso do carvão ativo variando outros parâmetros como o tempo de sorção e a quantidade de carvão ativo empregada.

Nas amostras foram encontrados quatro tipos de alcoóis superiores: propanol, álcool isobutílico, nbutílico e o álcool isoamílico, sendo o último encontrado em maior quantidade.

A solubilidade dos alcoóis diminui com o aumento da cadeia carbônica e a adsorção pelo carvão ativo aumenta à medida que a solubilidade em água diminui.

Observando a Tabela 5, nota-se que as amostras que foram tratadas com carvão ativo tiveram uma redução média de 12,7% nos teores de ésteres. Os ésteres são os principais compostos responsáveis pelo aroma característico e agradável que a aguardente possui e têm como principal representante o acetato de etila que em pequenas quantidades incorpora um aroma agradável de frutas, mas em grandes quantidades confere à aguardente um sabor enjoativo e desagradável (NYKANEN & NYKANEN, 1991).

Com relação aos teores de aldeídos, representado pelo acetaldeído, observa-se que houve redução nos teores desse composto após a realização do ensaio de sorção (26,3% de redução em média). No estudo de LIMA et al (2006) praticamente não houve variação na quantidade de aldeídos da cachaça após adsorção com carvão ativo.

O metanol, substância indesejável em qualquer bebida, teve seus teores diminuídos, observando-se que teores iniciais baixos sofreram menores reduções durante o ensaio de adsorção (15,4% de redução em média). LIMA et al (2009), observaram em aguardente de cana adsorvida com carvão ativo que os teores de metanol diminuíram, mas, estando este inicialmente já em baixa concentração não foi possível uma análise significativa em seu estudo.

No caso da acidez volátil, originada do ácido acético, pode ser observado um significativo efeito na concentração, reduzindo a acidez das aguardentes analisadas (redução média de 17,4%). LIMA et al (2009) observou o mesmo resultado em aguardente de cana e em seu estudo concluiu que o efeito de tempo de contato foi mais pronunciado com maiores quantidades de carvão ativado, mostrando que a reação de remoção da acidez

ocorre rapidamente, sendo dependente somente da disponibilidade de superfície para adsorção.

De todas as aguardentes analisadas, somente na amostra de aguardente comercial foi encontrado o álcool sec-butilico. O teor de alcóois superiores totais foi modificado após sorção assim como o teor de cada álcool analisado separadamente. O propanol, apresentando uma cadeia carbônica menor, é menos adsorvido pelo carvão ativo que os álcoois isobutanol e isoamílico, respectivamente, de maiores cadeias carbônicas.

MARRA (2008) avaliando a redução de compostos tóxicos em cachaça com a utilização de abrandador quitosana, verificou que apesar da eficiência na remoção do excesso de compostos tóxicos na bebida, a quitosana permanece na cachaça e é percebida sensorialmente, sendo adequada para ser usada juntamente com carvão ativo uma vez que este removeria a quitosana da bebida.

O carvão ativo extraiu, além do cobre, metanol e alcóois superiores, quantidades significativas de outros compostos indispensáveis à qualidade da aguardente, sendo necessário um bom controle da quantidade de adsorvente a ser empregado e dos teores finais dos compostos secundários. No entanto, um estudo mais detalhado com carvão ativo deve ser feito, avaliando outras concentrações, granulometrias e tempo de contato com a amostra.

Não foram realizadas análises sensoriais das bebidas após o tratamento realizado com carvão ativo, não podendo assim ser feito nenhum julgamento sobre sua qualidade sensorial. Uma análise sensorial comparativa poderia ser utilizada para verificar alterações no sabor da bebida com a redução de compostos como ésteres, aldeídos, alcóois e ácidos.

4 CONCLUSÕES

As aguardentes produzidas apresentaram a maioria dos compostos secundários dentro dos limites exigidos pela legislação, com exceção dos teores de alcóois superiores, metanol e cobre.

A etapa de filtração se mostrou interessante na redução de compostos indesejáveis como o metanol e os alcóois superiores. O uso do carvão reduziu os teores de cobre (média de 74% de redução) e de compostos secundários. O teor alcoólico teve redução média de 1,3%; o teor de ésteres de 12,7%; os aldeídos reduziram em média 26,3%; a acidez volátil

teve redução média de 17,4%; a concentração de metanol reduziu 15,4% em média e os alcoóis superiores totais reduziram em média 16.5%. Apesar da redução dos alcoóis superiores e metanol, que estavam acima do padrão, com o uso do carvão ativo esta redução não foi suficiente para estes compostos ficarem dentro dos valores máximos exigidos. Além disso, outros compostos voláteis também sofreram redução, proporcionando uma bebida pobre em compostos de sabor desejáveis. Portanto, o carvão ativado deve ser usado com cautela, para que compostos orgânicos responsáveis pelo aroma e sabor da aguardente não sejam também removidos em quantidades que venham a depreciar a bebida. Devem ser realizados estudos para verificar o efeito do uso do carvão na qualidade sensorial da bebida.

Os resultados mostram ainda que são necessários mais estudos com carvão ativo, avaliando outras concentrações, granulometrias e tempo de contato com a amostra, e também estudo do processo de destilação para obtenção de uma fração coração de qualidade que se enquadre dentro dos limites exigidos pela legislação vigente.

CAPÍTULO IV

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO CORAÇÃO EM AGUARDENTE DE BANANA OBTIDA POR DESTILAÇÃO ÚNICA E DUPLA EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO DESTILADO

RESUMO

A quantidade de compostos secundários é função chave na qualidade das bebidas destiladas como as aguardentes. O objetivo deste trabalho foi verificar o perfil de compostos secundários em frações do destilado de banana obtido por destilação simples e dupla. Foram produzidas aguardentes de banana por meio de duas técnicas de destilação. Na primeira técnica, a destilação foi efetuada em uma única batelada e na segunda foram realizadas duas destilações consecutivas, denominada destilação dupla. Na destilação dupla, primeiramente procedeu-se a destilação do caldo de banana fermentado contendo 5,2% de etanol (v/v), em alambique de cobre, até que o teor alcoólico atingisse a 25 % (v/v) e a este destilado foi adicionada água destilada até perfazer um volume total de 12 L, o qual foi então novamente destilado. No decorrer de ambos os processos, foram coletadas 9 frações de cada destilado. As frações destiladas obtidas foram analisadas quimicamente quanto às concentrações de etanol, acidez volátil, furfural e hidroximetilfurfural, aldeídos, ésteres, metanol e alcoóis superiores. Com os dados obtidos, foi possível traçar um perfil dos principais compostos voláteis durante os processos de destilação simples e dupla; e ainda definir diferentes volumes teóricos para as frações cabeça, coração e cauda. Com essas frações definidas foi possível estabelecer um volume da fração coração, visando à obtenção de uma aguardente enquadrada no perfil estabelecido pela legislação brasileira vigente, em relação aos teores de compostos secundários e do teor alcoólico. Portanto, em função da variação da composição química do destilado pode se definir a fração coração, obtendo um volume de 1000 mL do total de 12 litros de vinho destilados.

Palavras chave: fracionamento, compostos secundários, destilação, aguardente de banana.

1. INTRODUÇÃO

Existem poucas informações a respeito do consumo e produção comercial de aguardente de banana no Brasil. Sabe-se, contudo, que a aguardente de banana é uma bebida pouco conhecida e portanto pouco consumida no Brasil. Nos trabalhos encontrados na literatura observam-se alguns problemas existentes em relação a este tipo de bebida destilada tais como os elevados teores de alguns compostos secundários como metanol e alcoóis superiores. Os altos teores destes compostos podem ser observados não só em aguardente de banana, mas nas aguardentes de frutas em geral.

Os altos teores destes compostos podem ser devidos às condições de fermentação (temperatura, aeração, pH, quantidade de inóculo e outros) e também à técnica de destilação utilizada. A destilação em alambiques para obtenção de aguardentes é realizada de diferentes formas no Brasil. Alguns produtores separam as frações de cabeça, coração e cauda e consideram a aguardente apenas a fração de coração; outros redestilam a fração cauda junto com o vinho. A geometria dos alambiques também influencia na partição dos compostos voláteis durante a destilação. Com relação à separação das frações destiladas na produção de aguardentes, ainda não existe uma forma padronizada para separação destas frações que na maioria das vezes é realizada de forma empírica.

Portanto, todos estes fatores são de primordial importância na qualidade da bebida.

Uma das formas comuns de se obter o destilado é por meio da destilação simples em alambique de cobre ou por meio de uma coluna de destilação, como realizado pelas grandes indústrias. Outra forma de se obter uma bebida destilada e que tem sido muito utilizada é através de técnicas de bidestilação ou de redestilação.

A bidestilação, já utilizada na produção de aguardente de cana, é hoje em dia uma prática comum adotada na produção de outras bebidas destiladas, como o uísque, o conhaque e o rum. Esta técnica foi proposta pela primeira vez para aguardente de cana por NOVAES (1994) visando à obtenção de um destilado com menores teores de compostos secundários ou “mais leve” para ser posteriormente envelhecido. Recentemente, a bidestilação vem sendo implementada, visando à reestruturação do perfil dos compostos secundários das aguardentes de cana produzidas no Brasil em alambiques, objetivando a obtenção de uma bebida sensorialmente diferenciada, pela seletividade das frações voláteis desejadas e da redução da acidez volátil. Além disso, esta técnica deve possibilitar o

controle, redução ou supressão do teor de cobre e de compostos não permitidos pela legislação, tais como metanol, furfural e carbamato de etila (FORLIN, 2005).

O processo da bidestilação consiste em realizar duas destilações sucessivas, que podem ser efetuadas em um mesmo alambique ou em alambiques distintos. A bidestilação permite a obtenção de uma aguardente mais padronizada, com qualidade diferenciada das provenientes de uma única destilação, ou seja, baixa acidez e características sensoriais mais agradáveis. Esta melhoria da qualidade da aguardente bidestilada é alcançada devido à separação das frações ricas em compostos indesejáveis, como é o caso dos aldeídos, metanol, ácido acético e carbamato de etila, e de outros compostos voláteis prejudiciais à qualidade sensorial da bebida e à saúde do consumidor. Atualmente cerca de algumas dezenas de marcas comerciais de aguardentes de cana bidestiladas já se encontram no mercado brasileiro. Porém, de maneira geral, esta prática ainda é pouco adotada nas destilarias brasileiras (NOGUEIRA & FILHO, 2005).

NOVAES (1994) e ROTA & FARIA (2009) definem que na bidestilação, a primeira destilação é geralmente conduzida até que o destilado apresente um teor alcoólico entre 25 e 27% (v/v). Esse primeiro destilado é então submetido a uma nova destilação, onde então são separadas as frações cabeça (2% do volume a ser destilado), coração (com teor alcoólico em torno de 60%) e cauda (para recuperar o álcool presente). A fração coração, neste caso, apresenta um teor alcoólico maior do que a fração coração de uma aguardente obtida pela forma tradicional. Esta fração pode ser consumida após ser diluída ou envelhecida e diluída para ajustar o teor alcoólico ao exigido pela legislação brasileira.

No processamento de uísque escocês puro malte realiza-se a destilação duas vezes. Após a primeira destilação não seletiva que leva de 5 a 6 horas, o mosto fermentado, com concentração média de 8% v/v de etanol, resulta em um destilado denominado vinho fraco, com 21-23% v/v de álcool. Geralmente esta destilação é efetuada até que a concentração de etanol no vinho seja de 1% v/v, permitindo a obtenção de um volume de vinho fraco de aproximadamente um terço do volume original da carga do mosto fermentado. A segunda destilação é seletiva e requer um elevado nível de controle e de habilidade do operador. Durante esta etapa, são coletadas três frações: a cabeça, o coração (o uísque) e a cauda. A seleção dos pontos de corte do começo e do fim da coleta é decisiva para a qualidade do produto final e varia para cada destilaria (VENTURINI FILHO, 2010).

Alguns produtores, com interesse em obter um produto com características semelhantes às de um produto bidestilado, têm efetuado o processo, chamado por alguns de redestilação. O processo consiste em redestilar misturas de cachaças prontas (38- 48% de álcool) após diluição a valores em torno de 25% de álcool ou menores. Na segunda destilação são também separadas as frações iniciais (cabeça) e finais (cauda) e, também, a fração “coração”, semelhante àquela obtida pelo processo da bidestilação (FRANCO, 2008).

Em um estudo comparativo entre aguardentes bidestiladas e destiladas uma única vez, ALCARDE et al (2009) efetuaram uma bidestilação da seguinte maneira: na primeira destilação separou a fração cabeça de acordo com um volume percentual de 0,4% do volume do vinho. O coração foi o destilado recolhido após a fração cabeça até que o teor alcoólico apresentasse 5% de etanol. Neste trabalho, os autores avaliaram a cinética de volatilização dos componentes secundários nas aguardentes de cana produzidas por ambos os processos de destilação estudados.

Com relação ao fracionamento, na forma tradicional de destilação, é realizado de forma a se obter três frações conhecidas: “cabeça”, “coração” e “cauda”. A fração cabeça tem um volume que corresponde de 5 a 15 % do produto, dependendo do tipo e condições de destilação, e possui teor alcoólico mais elevado (geralmente acima de 65% (v/v), além de compostos altamente indesejáveis como acetaldeído, bem como dióxido de enxofre e seus derivados, caso tenha sido usado na preparação do mosto. Devido à elevada porcentagem de etanol, presente na fração cabeça, vários procedimentos visando seu aproveitamento tem sido sugeridos. Uma vez retirada a fração cauda, que corresponde em média a um volume em torno de 10% do destilado, obtém-se a fração coração, a qual é a maior parte do destilado (aproximadamente 80%) e corresponde à bebida propriamente dita (MAIA, 2006).

Alguns autores sugerem outras formas de fracionamento. Como por exemplo, RECHE & FRANCO (2009) sugerem que o fracionamento seja efetuado através da medida da graduação alcoólica em três frações: cabeça (78% v/v), coração (57% v/v) e cauda (27% v/v). Neste caso a fração coração deve ser diluída para que o teor alcoólico se enquadre nos limites estabelecidos pela legislação brasileira (38 a 54% v/v).

Já BIZZELLI et al. (2000) efetuaram a destilação de aguardente de cana fazendo o seguinte procedimento: uma vez iniciada a corrida do destilado, o mesmo foi coletado num recipiente situado à saída do registro, até que o teor alcoólico médio no interior deste recipiente coletor atingisse 45% (v/v) a 20°C, quando então era considerada encerrada a

operação. Este produto obtido por destilação simples foi posteriormente padronizado, originando a “aguardente monodestilada”. No mesmo trabalho os autores produziram uma aguardente bidestilada efetuando-se uma primeira destilação até que o teor alcoólico atingisse 5% (v/v) e então este produto obtido foi submetido à outra destilação consecutiva onde, nesta segunda destilação, foi realizado a separação das frações; cabeça com teor alcoólico 70% (v/v), coração 65% (v/v) e cauda 5% (v/v).

Portanto, alguns produtores separam a fração coração em função de um determinado teor alcoólico, outros definem uma porcentagem em volume para a separação das três frações, dentre outras técnicas. Assim, não existe uma norma definida, isto é, uma técnica estabelecida e regulamentada pela legislação para se obter a fração ideal do destilado de interesse. O que a legislação exige é que os compostos voláteis formados durante o processamento e que estão presentes na bebida final estejam dentro dos limites estabelecidos.

Sendo assim, é interessante fracionar o destilado em mais frações além das três conhecidas, para possibilitar o estudo e a análise desses compostos em cada etapa da destilação.

Com vistas à obtenção de aguardente de banana de qualidade e que atenda à legislação vigente com relação aos limites de compostos secundários e tóxicos, o objetivo deste trabalho foi estudar o perfil de fracionamento dos compostos voláteis durante a destilação pelas técnicas de destilação simples e dupla.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foi utilizada como matéria-prima banana da variedade “prata” (*Musa cavendishi*), adquirida no CEASA de Belo Horizonte. Foi utilizado o complexo enzimático *Pectinex Ultra SP*, fornecidas pelo fabricante *Novozymes*.

As aguardentes foram produzidas no Laboratório de Microbiologia Industrial e Biocatálise (LAMIB) da Faculdade de Farmácia da UFMG. As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Bebidas e Vinagres - LANAGRO, credenciado pelo

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA, localizado na cidade de Andradas- MG.

2.2 Métodos

A produção da aguardente de banana foi realizada utilizando a fruta em último estágio de amadurecimento, apresentando injúrias. Este estágio de maturação foi escolhido por ser considerado quase resíduo, uma vez que são gerados grandes excedentes de produção nas safras de banana. O processamento da aguardente de banana foi feito conforme metodologia adaptada de LARA (2007), conforme ilustra o fluxograma da Figura 2, do capítulo III.

A separação das cascas da fruta foi realizada manualmente e após essa etapa, a fruta foi encaminhada para uma despulpadeira compacta da marca *Itametal* (capacidade de 100 kg de fruta/hora), para ser triturada e filtrada em uma peneira com furos de diâmetro de 0,5mm. A polpa foi acrescida do complexo enzimático Pectinex Ultra Sp a fim de se obter um caldo menos viscoso e aumentar o rendimento de extração do suco. As condições de hidrólise (temperatura, tempo) foram as mesmas determinadas e padronizadas por LARA (2007). A proporção de enzima utilizada foi de 0,025% p/v. A hidrólise foi realizada a temperatura de 30 °C durante um período de 70 minutos. Após a hidrólise enzimática o caldo de banana foi filtrado em tecido de algodão e o teor de sólidos solúveis do caldo foi ajustado para 15 °Brix, procedendo-se a diluição do mesmo. Após foi adicionado sulfato de amônio na concentração de 0,4 g/L conforme sugerido por LARA (2007).

As fermentações foram conduzidas em tanques cilíndricos de aço inoxidável com capacidade de 30L, com saída lateral na altura de 5 cm. Foi fermentado um volume de 20 L de caldo de banana. Na fermentação do caldo foi usado fermento comercial prensado úmido (marca Itaguara) constituído de células de *Saccharomyces cerevisiae*, na concentração de 20 gramas de fermento para cada litro de caldo. A temperatura do mosto durante a fermentação variou entre 24 e 28°C. Esta temperatura foi medida com o auxílio de um termostato com memória que registrasse a oscilação durante as 24 horas em que ocorreu a fermentação. Depois de completada a fermentação alcoólica, o vinho de banana foi submetido ao processo de destilação em alambique de cobre com capacidade útil de 15 L contendo um prato físico e deflegmador na coluna.

Foram determinados nos meios de fermentação o grau Brix (% p/p de sólidos solúveis), a acidez total expressa em ácido acético (ABNT, 1997), o pH e o teor de açúcares redutores totais pelo método do ácido 3,5 dinitrossalicílico (MILLER, 1959) antes e após a fermentação ser completada. Após fermentação foi também determinado o teor de etanol do mosto fermentado pelo método do dicromato de potássio (ZIMMERMANN, 1963). Neste método, em meio ácido, o etanol é oxidado a ácido acético e a solução adquire tonalidade verde proporcional à concentração de etanol na amostra. O íon bicromato de cor amarela é reduzido a íon cromoso, de cor verde, que absorve a 600 nm. A intensidade da absorção é proporcional à concentração de íon cromoso formado e do etanol oxidado (CROWEL, 1961).

A destilação foi realizada por duas técnicas distintas: destilação única e destilação dupla. Na destilação única, a destilação foi efetuada em uma única batelada e na destilação dupla foram realizadas duas destilações consecutivas. Na destilação dupla, primeiramente procedeu-se a destilação do caldo de banana fermentado contendo 5,2% de etanol (v/v) em alambique de cobre de capacidade útil de 15 L. Coletou-se o destilado até que o teor alcoólico atingisse 25% (v/v) e a este destilado foi adicionada água destilada até perfazer um volume total de 12 L (correspondente à capacidade útil da panela do alambique), o qual foi então novamente destilado. No decorrer de ambos os processos (destilação única e dupla) foram coletadas 9 frações do destilado, sendo as duas primeiras de 100 mL e as demais de 200 mL cada. Em todas as frações foram analisados os teores dos compostos secundários exigidos pela legislação brasileira para aguardentes. Para evitar perda de aroma e evitar que ocorressem outras reações no produto após a destilação, as frações coletadas em ambos os processos foram armazenadas em garrafas de vidro com tampas de rosca metálicas e mantidas em temperatura de 4°C até a realização das análises.

Durante o processo de destilação, algumas variáveis foram padronizadas como a temperatura do vinho, a vazão de água da serpentina de resfriamento da saída do destilado e do deflegmador da coluna. A vazão da primeira foi de 2,08 L.seg⁻¹ e da segunda foi de 5,93 L.seg⁻¹. A temperatura do vinho ficou constante durante a destilação em torno de 96°C. O aquecimento foi realizado através de fogo direto (fogão industrial a gás).

Nas frações obtidas tanto no processo de destilação única quanto o de dupla destilação foram determinados os teores de ésteres em acetato de etila, alcoóis superiores (isoamílico, isobutílico, n-butílico, sec-butílico e n-propílico), furfural, metanol, aldeídos (em acetaldeído), acidez volátil, grau alcoólico real e cobre.

Para a determinação de acetaldeído, acetato de etila, alcoóis superiores (isoamílico, isobutílico, n-butílico, sec-butílico e n-propílico), furfural, metanol e grau alcoólico real, 100 mL de cada amostra de aguardente foi inicialmente destilada em microdestilador de aquecimento por eletrodo. Um volume de 20 mL do destilado foi recolhido em balão volumétrico de 100 mL, o qual foi completado com água destilada e em seguida homogeneizado. Deste balão foram retiradas alíquotas para as determinações acima citadas (BRASIL, 2003). Nas determinações de acetaldeído, acetato de etila, alcoóis superiores, furfural e metanol foi utilizado cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17A com injeção automática, detector e ionização de chama e coluna capilar de 30m por 0,25mm de diâmetro interno, com espessura de filme de 0,25 µm de fase estacionária DB-VAX. A temperatura do injetor foi ajustada para 170 °C e a temperatura de detecção foi ajustada para 225 °C; a programação da temperatura da coluna foi: 40 °C (5 min), 20 °C /min até 120 °C (1 min), 30°C /min até 180 °C (1min), tempo total de corrida de 13 minutos; gás de arraste utilizado foi o nitrogênio e o ar; injeções com divisão de fluxo (split) de 1:15; volume de amostra injetado de 1µL. Os compostos foram quantificados com a técnica de padrão externo.

A acidez volátil foi determinada conforme BRASIL (2005b). Para a determinação da acidez volátil as amostras de aguardente foram previamente destiladas por arraste de vapor em Destilador Enochimico Gilbertini e tituladas com NaOH 0,1 mol/L e fenolftaleína como indicador. A determinação do grau alcoólico real a 20 °C foi realizada em Densímetro eletrônico DMA48 A.PAAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Processamento da aguardente de banana

Na produção de aguardente de banana foram utilizados 26 kg de banana prata sendo obtidos 9 kg de resíduo e 17 kg de polpa, obtendo-se 64% de rendimento de extração em polpa. Em um estudo de produção de aguardente de banana variedade Nanica, LOPES (2005) obteve um rendimento de extração em polpa de 78,8%. A razão entre o peso da polpa e a casca para a banana é de 1,2 até 1,6 quando a fruta está verde e esta variação aumenta para 2,2 a 2,4 em estágio de maturação mais avançado. Este valor pode chegar até 3,0 ou mais quando a fruta está no último grau de maturação e começa a deteriorar-se

sob estocagem. Esta razão é denominada coeficiente de maturidade (LOESECHE, 1950). No presente trabalho a razão entre o peso da polpa e a casca foi de 1,9.

O valor médio de sólidos solúveis expressos em graus Brix (% p/p) para as polpas de banana, antes da diluição e ajuste do brix para 15 °Brix, foi 21 °Brix. A fermentação procedeu até que o teor de sólidos solúveis permanecesse constante, em torno de 5 °Brix com 24 horas de fermentação. Foram obtidos 12L de vinho de banana que foram destilados em alambique de cobre de 15L.

3.2 Análises do caldo e do caldo fermentado de banana (vinho)

Nos caldos e nos vinhos de banana obtidos foram determinados a porcentagem de sólidos solúveis (°Brix), os teores de açúcares redutores totais, o pH, a acidez e o etanol conforme mostra a Tabela 1.

Inicialmente o suco de banana apresentou um teor de 21 °Brix e foi então ajustado para 15 °Brix por meio de diluição com água destilada.

Tabela 1 - Características dos caldos e vinhos de banana utilizados na produção de aguardentes obtidas por destilação única e dupla.

Aguardente	Brix do vinho	ARTi (g.L ⁻¹)	ARTf (g.L ⁻¹)	Etanol no vinho (%v/v)	Acidez total do vinho (g de ácido acético.100 mL ⁻¹)	pH do vinho (após correção)
Destilação Única	5	155,8	5,08	5,20	0,30	5,1
Destilação Dupla	5	153,2	4,91	5,33	0,32	5,2

ARTi: açúcar redutor total inicial; ARTf: açúcar redutor total final. *Valores médios.

A densidade média do caldo a 15° Brix foi 1,064 g mL⁻¹, valor semelhante ao obtido por LARA (2007) de 1,062 e ALMEIDA (1935), que foi de 1,02 a 1,06 e similar ao obtido por LOPES (2005) em suco de banana nanicão, (0,999 g mL⁻¹). O valor de acidez titulável total para o suco de banana variou entre 0,30 e 0,32 g de ácido acético por 100 mL de suco, valor

similar a 0,28 g de ácido acético por 100 mL de suco encontrado por LARA (2007) e 0,31 g de ácido acético por 100 mL encontrado por LOPES (2005) e GUIMARÃES FILHO (2003).

Antes de iniciar a fermentação, os mostos sofreram um ajuste do pH, com adição de NaOH 1 mol.L⁻¹ até que o pH permanecesse em torno de 5,0. Segundo MAIA (2006), este ajuste de pH é importante pois abaixo de pH 4,0 pode haver aumento na produção de óleo fusel em até 80%.

3.3 Análises dos componentes secundários nas frações obtidas

As Tabelas 2 e 3 mostram os valores encontrados para os componentes secundários das frações obtidas durante a destilação.

Tabela 2 – Concentração dos principais compostos secundários nas frações seqüenciais na destilação única.

Frações	Volume (mL)	Teor alcoólico (1)	Ésteres (acetato de etila) (2)	Aldeídos (acetaldeído) (2)	Furfural (2)	Metanol (3)	Acidez Volátil (2)	Sec-butílico (2)	n-propanol (2)	iso-butílico (2)	n-butílico (2)	iso-amílico (2)	Alcoóis Superiores Totais (2)
1	100	96.20	95.81	374.06	3.20	20.51	20.00	1.76	52.02	284.84	4.26	661.71	998.57
2	100	95.52	65.95	216.23	3.06	8.57	22.49	1.45	33.39	221.02	2.78	514.24	768.66
3	200	52.81	22.75	120.43	3.75	4.73	23.63	1.30	52.31	222.83	3.89	497.32	772.46
4	200	50.05	5.97	28.08	5.46	2.51	43.98	0.61	40.32	108.20	2.52	229.21	377.72
5	200	26.39	10.03	13.29	9.25	1.54	69.92	0.00	32.25	40.99	4.38	90.08	163.33
6	200	18.88	10.97	15.10	15.04	1.20	103.59	0.00	24.65	13.52	6.53	27.85	66.01
7	200	18.69	8.17	12.08	0	1.01	92.57	0.00	16.91	2.90	6.55	6.14	25.95
8	200	9.24	7.43	5.52	44.10	0.82	214.92	0.00	7.80	0.00	13.52	1.58	9.38
9	200	2.71	0	12.73	84.28	0.76	221.71	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	4.09

(1) Expresso em %v/v a 20°C; (2) Expresso em mg/100 mL de álcool anidro; (3) Expresso em mL/100 mL de álcool anidro.

Tabela 3 – Concentração dos principais compostos secundários nas frações seqüenciais na destilação dupla.

Frações	Volume (mL)	Teor alcoólico (1)	Ésteres (acetato de etila) (2)	Aldeídos (acetaldeído) (2)	Furfura l (2)	Metanol (3)	Acidez Volátil (2)	Sec-butílico (2)	n-propanol (2)	iso-butílico (2)	n-butílico (2)	iso-amílico (2)	Alcoóis Superiores Totais (2)
1	100	95.36	76.60	32.79	0.00	10.86	13.90	0.00	49.48	327.39	7.60	602.47	979.34
2	100	95.18	21.38	16.66	0.00	6.26	22.00	0.00	46.83	264.13	3.24	484.81	795.77
3	200	75.31	2.03	4.03	0.00	4.04	31.96	0.00	43.41	179.79	3.12	360.74	583.94
4	200	55.73	0.83	2.42	0.00	2.51	33.60	0.00	36.01	80.22	2.22	187.53	303.76
5	200	47.37	0.98	3.73	0.00	1.15	53.70	0.00	26.53	23.52	1.80	66.85	116.89
6	200	19.62	0.00	6.01	0.00	1.09	99.60	0.00	17.40	7.57	2.66	20.61	45.58
7	200	10.42	0.00	10.11	0.00	0.81	216.50	0.00	9.95	0.88	0.00	3.72	14.55
8	200	4.30	0.00	23.73	0.00	0.60	559.80	0.00	5.93	0.00	7.9	2.42	8.34
9	200	1.78	0.00	25.26	0.00	0.56	1267.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(1) Expresso em %v/v a 20 °C; (2) Expresso em mg/100 mL de álcool anidro; (3) Expresso em mL/100 mL de álcool anidro.

Comparando os resultados obtidos nas frações das destilações única e dupla (Tabelas 2 e 3) verifica-se que o acetato de etila, o metanol e o teor de alcoóis superiores sofreram redução na dupla destilação. O acetaldeído e o furfural também sofreram diminuição na dupla destilação. De acordo com FRANCO (2008), em aguardentes de cana, o processo de redistilação mostra ser um instrumento válido no sentido de reduzir as concentrações de compostos contaminantes prejudiciais à saúde e indesejáveis do ponto de vista da legislação. Além da redução de contaminantes, ROTA (2008) concluiu que efetuando a bidestilação de aguardente de cana, melhorou a aceitação da bebida em relação ao sabor, a impressão global, aroma alcoólico e sabor residual.

A concentração de ácidos, conforme a Tabela 2 aumenta nas frações consecutivas durante a destilação única, enquanto compostos voláteis como aldeído acético (PE 21°C), acetato de etila (PE 77°C) e metanol (PE 65°C), desfilam mais no início, entre 99,2 e 50,85 % de etanol, constituindo a fração cabeça, cujos pontos de ebulição são menores que o do etanol. Os teores de ácidos, representados pela acidez volátil, aumentaram nas frações durante a destilação única e também na destilação dupla enquanto o teor alcoólico em ambas as destilações, única e dupla, sofreu redução gradual. Durante a primeira destilação, observou-se um declínio da concentração de etanol e na segunda destilação esse declínio observado foi mais acentuado, conforme Figura 1. BOZA (1996) e ALCARDE et al. (2010) analisando frações de um destilado de cana observaram em frações coletadas ao longo de toda a destilação, que a concentração de ácidos aumentava ao longo do processo. Isso devido ao fato dos ácidos possuírem pontos de ebulição mais altos e, portanto saírem em maior quantidade nas frações finais de cauda, o que está de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho.

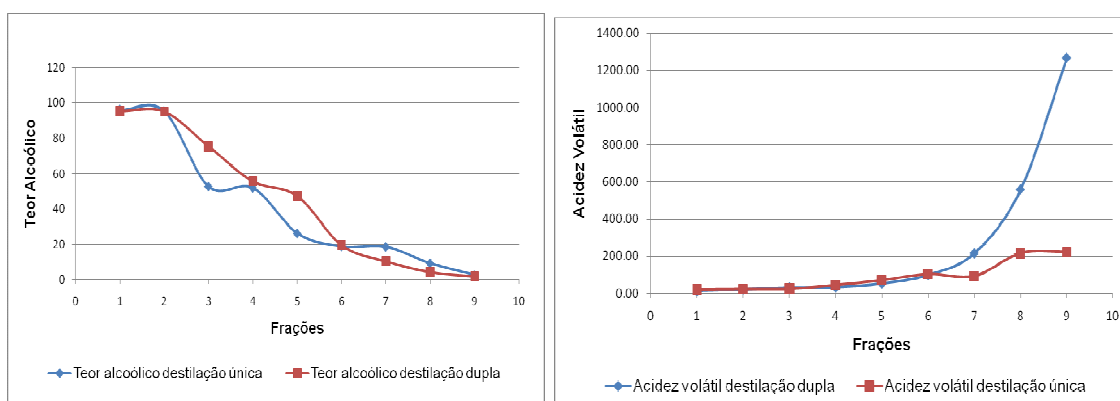


Figura 1 –Perfil de saída de etanol e acidez volátil nas frações das destilações única e dupla.

O teor alcoólico em ambas as formas de destilação, única e dupla, reduziu ao longo da destilação. Isto era esperado uma vez que o ponto de ebulição do etanol é baixo (PE =78,4 °C) quando comparado aos demais constituintes do vinho a ser destilado. Além disso, à medida que ocorre a destilação, o vinho vai ficando com um menor teor alcoólico, e há ainda as diferenças de solubilidade dos componentes em água, o que interfere na saída dos compostos durante a destilação.

Em um estudo comparativo entre aguardentes de cana mono e bidestilada, BIZELLI et al (2000), obteve redução significativa nos teores de acidez total nas aguardentes obtidas nas duas técnicas de destilação. Na aguardente monodestilada encontrou-se 43,95 mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro e na amostra bidestilada o valor reduziu para 17,95 mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro. Neste trabalho o teor de diversos compostos sofreu redução com a realização da bidestilação (acetaldeído se reduziu de 21,11 para 15,80 mg/100 mL de álcool anidro; acetato de etila reduziram-se de 20,26 para 9,74 mg/100 mL de álcool anidro e os teores de alcoóis superiores totais reduziram-se de 397,17 para 349,33 mg/100 mL de álcool anidro).

Os teores de aldeído (expressos em acetaldeído) e de ésteres (em acetato de etila) foram se reduzindo ao longo da destilação, o que também foi observado em um estudo de produção de um destilado de cereja, realizado por CLAUS & BERGLUND (2005). Neste trabalho, os autores observaram a redução dos teores de acetaldeído e acetato de etila durante o processo de destilação simples quando analisadas as frações do destilado. A redução foi brusca no início da destilação e permaneceu quase constante nas frações

destiladas seguintes e então, no final da destilação sofreu ligeiro aumento. O mesmo comportamento para esses compostos foi observado por LLOBODANIN (2008) num destilado de pêra. A redução dos compostos ocorreu tanto em destilações realizadas em alambiques de cobre quanto de vidro, como foi avaliado pela autora em 12 frações coletadas. BOZA (1996) analisando frações em um destilado de cana de açúcar também observou a redução dos ésteres (em acetato de etila) ao longo de ambos os processos de destilação única e em duas destilações consecutivas.

Analisando frações de destilado de cana, ALCARDE et al. (2010) observaram destilação de grandes quantidades de ésteres e aldeídos nas frações iniciais (cabeça), uma vez que estes compostos são bastante voláteis. Em 12 frações coletadas em um destilado de maçã, MADRERA et al. (2006) observaram comportamento semelhante no perfil de saída de acetaldeído. O composto apareceu em maiores quantidades nas primeiras frações, e também foi observado nas frações finais, como consequência de sua solubilidade em água e sua formação durante o curso da destilação (CLAUS & BERGLUND, 2005).

A Figura 2 mostra o comportamento desses compostos ao longo dos processos de destilação única e dupla.

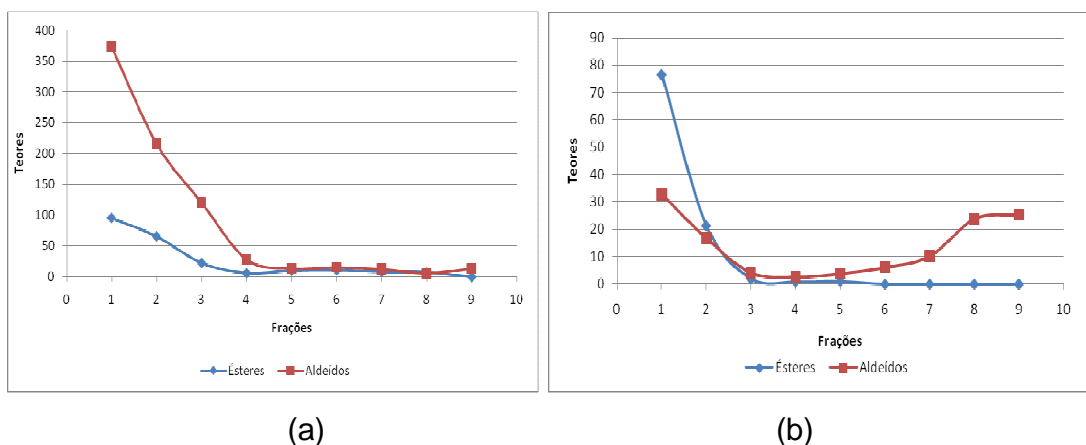


Figura 2: Perfil de saída de ésteres (em acetato de etila) e aldeídos (em acetaldeído) durante os processos de destilação única (a) e dupla (b).

Com relação aos teores de metanol, observa-se uma variação da concentração deste composto ao longo das frações coletadas, como ilustra a Figura 3.

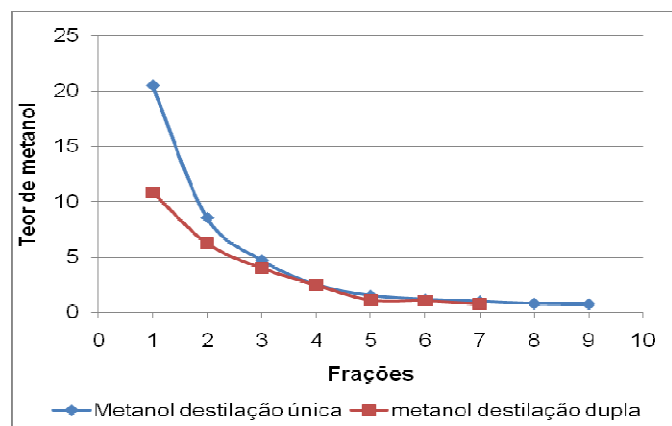


Figura 3: Teores de metanol nas frações coletadas durante a destilação única e dupla.

Quando comparadas as duas formas de destilação, observa-se que os teores de metanol encontrados nas frações da destilação dupla foram menores que os teores observados na destilação única. No trabalho de CLAUS & BERGLUND (2005), para obtenção de aguardente de cereja, o teor de metanol encontrado durante o processo de destilação foi elevado nas primeiras frações, reduziu nas frações intermediárias e no final sofreu uma ligeira elevação. BOZA (1996), em aguardente de cana observou a redução gradual de aldeídos nas 12 frações analisadas em ambos os processos de destilação simples e dupla. Em frações de destilado de pêra, GARCIA-LLOBODANIN (2008), verificou que os teores de metanol aumentavam nas frações intermediárias da destilação, permaneciam constantes ao longo dessas frações intermediárias e diminuía no final do processo. MADRERA et al (2006) observaram comportamento semelhante em 12 frações de destilado de maçã. LEAUTE (1990) sugere que devido ao PE do metanol ser baixo ($\sim 64^{\circ}\text{C}$) e este composto possuir alta solubilidade em água e álcool, o metanol é mais comumente destilado nas frações cabeça e coração do destilado como um todo. ALCARDE et al. (2010) encontraram metanol nas 28 primeiras frações das 30 frações coletadas durante uma dupla destilação. Entretanto, estudos realizados por HERNANDEZ-GOMEZ et al. (2003), em destilados de melão, encontraram metanol em todas as frações da destilação. De acordo com GARCIA-LLOBODANIN (2008), isto indica que este comportamento é devido à mistura a ser destilada ser uma mistura azeotrópica. APOSTOLOPOULOU et al. (2005) também encontrou metanol em todas as frações (cabeça, coração e cauda) em tradicionais

destilados gregos. GIATTAR et al (2001) encontrou o mesmo comportamento em destilados de pêra. Portanto, os resultados obtidos nesse trabalho estão em concordância com as últimas publicações relativas a destilação de destilados de frutas.

O perfil de saída dos ésteres em acetato de etila, de metanol e o teor alcoólico das frações analisadas durante a destilação única está ilustrado no gráfico da Figura 4.

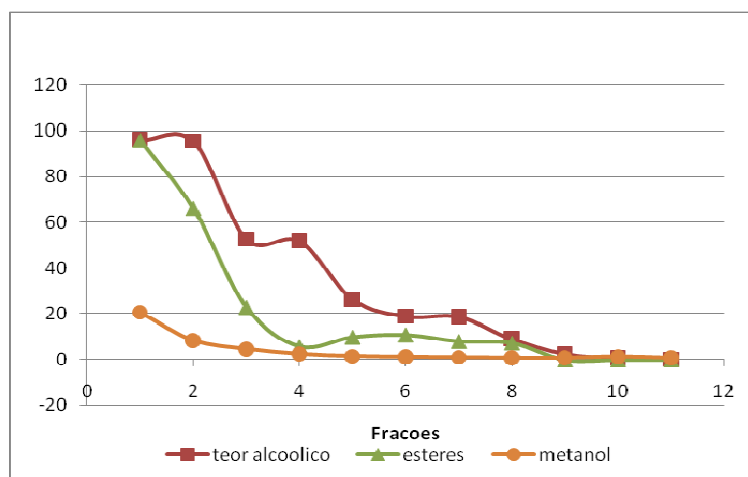


Figura 4: Perfil de saída dos ésteres, metanol e o teor alcoólico nas frações analisadas durante a destilação única.

A Figura 4 ilustra a redução gradativa dos três componentes do destilado analisado: etanol, ésteres (em acetato de etila) e metanol durante a evolução do processo de destilação.

Com relação aos alcoóis superiores totais, pode-se observar que em ambos os tipos de destilação, a concentração maior foi observada no início, ocorrendo um declínio nas frações intermediárias e finalizando as últimas frações com um ligeiro aumento. GARCIA-LLOBODANIN (2008) observou comportamento semelhante ao analisar as frações de destilado de pêra, obtidos na destilação conduzida em diferentes equipamentos (alambique de cobre, de vidro e de cobre com vidro). A autora obteve as primeiras frações do destilado com elevadas concentrações de alcoóis superiores. Essas concentrações se reduziam nas frações posteriores até atingirem valores quase semelhantes nas últimas frações. Em frações de destilado de cana, BOZA (1996) verificou também a redução gradual dos alcoóis superiores totais, tanto em destilações simples como na destilação dupla. No estudo realizado por GLAUS & BERGLUN (2005) em destilado de cereja, os valores das

concentrações dos alcoóis isoamílico e 1-propanol, eram baixos nas frações iniciais do destilado e sofriam aumento gradual durante o processo até que no final sofriam uma leve redução de sua concentração.

Os gráficos da Figura 5 ilustram o comportamento dos alcoóis superiores no presente trabalho nas duas formas de destilação, destilação única (a) e destilação dupla (b).

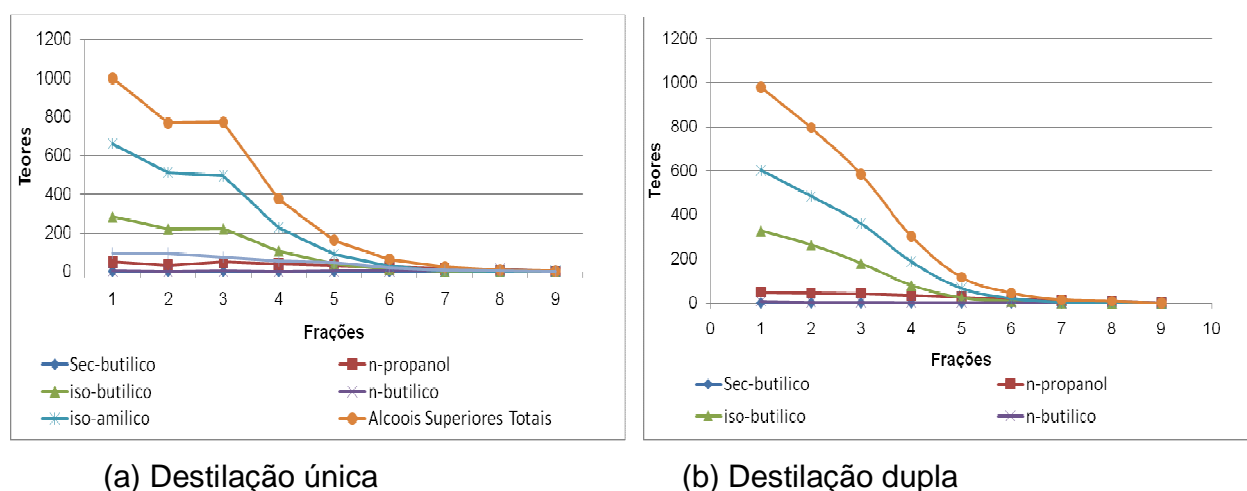


Figura 5: Perfil de saída dos alcoóis superiores (sec butílico, isobutílico, n propanol, n butílico e isoamílico) durante a destilação única (a) e dupla (b).

Os alcoóis superiores totais tiveram comportamento semelhante no início de ambos os tipos de destilação, tendo sido observados altos teores nas frações iniciais do destilado, seguido de declínio gradativo nas frações subseqüentes. Os alcoóis superiores, apesar de terem ponto de ebulição mais elevados em relação ao etanol, seguiram cinética de destilação similar a do etanol. Resultado semelhante foi encontrado por ALCARDE et al. (2010) analisando frações de destilado de cana. Os alcoóis superiores pertencem a classe dos alcoóis como o etanol, tem afinidade com o etanol e destilam juntos, provavelmente pela formação de misturas azeotrópicas com cada um.

Hernandez-Gomes et al (2003) em destilado de melão analisaram 4 frações durante a destilação e encontraram uma redução do teor de alcoóis superiores totais durante o processo. Durante a destilação para a produção de aguardente de pêra, LLOBODANIM (2008) fracionou o destilado em 12 frações e observou um declínio do teor de alcoóis

superiores totais ao longo de todo o processo de destilação. Essa redução ocorreu tanto em alambique de cobre quanto alambique de vidro, os quais foram estudados.

BIZELLI et al (2000) estudaram a caracterização físico-química de aguardentes de cana produzidas em um sistema artesanal comparativamente ao processo de bidestilação e observou variações marcantes na concentração de alcoóis superiores de 397,17 para 349,33 mg/100 mL de álcool anidro.

Baixos teores de furfural e hidroximetilfurfural foram encontrados em quase todas as frações obtidas no processo de destilação única. Já na dupla destilação, não foi detectada a presença destes compostos. Em frações coletadas durante a destilação de caldo de cana fermentado em alambique, ALCARDE et al. (2010) não encontraram presença de furfural e hidroximetilfurfural tanto em processo de destilação única quanto dupla.

Se considerarmos que o coração (80% do destilado) corresponde à aguardente, pode-se notar que os valores dos compostos secundários não se adequariam à legislação brasileira para aguardente de frutas e nem aguardente de cana (BRASIL, 1974; BRASIL, 2005), excedendo alguns limites permitidos. Sendo assim, analisando possíveis cortes para obtenção de uma aguardente, podemos sugerir alguns cortes para formação da fração coração conforme mostrado nas Tabelas 4 e 5. As Tabelas 4 e 5 foram construídas fazendo-se a média ponderada de frações com o intuito de se encontrar uma fração coração dentro dos padrões da legislação vigente.

Tabela 4 - Cortes possíveis para se realizar no destilado obtido. Aguardente produzida por destilação única.

	Vol (mL)	Teor Alcoólico (1)	Ésteres (2)	Aldeídos (2)	Furfural (2)	Metanol (3)	Acidez Volátil (2)	Sec-butílico (2)	n-propanol (2)	iso-butílico (2)	n-butílico (2)	iso-amílico (2)	Alcoóis Superiores Totais (2)
Limites (BRASIL, 2005)		38 - 54	200	30	5	20	150	-	-	-	-	-	300
Limites (BRASIL, 1974)		36 - 54	250	30	5	40	100	-	-	-	-	-	360
Frações 2 a 6	900	43.98	18.38	63.34	7.78	3.17	56.08	0.59	36.94	110.23	4.16	244.79	391.96
Frações 3 a 6	800	37.53	12.43	44.23	8.38	2.50	60.28	0.48	37.38	96.39	4.33	211.11	344.88
Frações 4 a 7	800	29.00	8.79	17.14	7.44	1.57	77.52	0.15	28.53	41.40	4.99	88.32	158.25
Frações 3 a 7	1000	33.76	11.58	37.80	6.70	2.20	66.74	0.38	33.29	77.69	4.77	170.12	281.09
Frações 4 a 6	600	32.44	8.99	18.82	9.92	1.75	72.50	0.20	32.40	54.24	4.48	115.71	202.35

(1)Expresso em %v/v a 20 °C; (2)Expresso em mg/100 mL de álcool anidro; (3) Expresso em mL/100 mL de álcool anidro

Tabela 5 - Cortes possíveis para se realizar no destilado obtido. Aguardente produzida por destilação dupla.

	Vol (mL)	Teor Alcoólico (1)	Ésteres (2)	Aldeídos (2)	Furfural (2)	Metanol (3)	Acidez Volátil (2)	Sec-butílico (2)	n-propanol (2)	iso-butílico (2)	n-butílico (2)	iso-amílico (2)	Alcoóis Superiores Totais (2)
Limites (BRASIL, 2005)		38 - 54	200	30	5	20	150	-	-	-	-	-	300
Limites (BRASIL, 1974)		36 - 54	250	30	5	40	100	-	-	-	-	-	360
Frações 2 a 6	900	54.58	3.23	5.45	0.00	2.65	51.08	0.00	32.61	94.03	2.54	195.14	321.79
Frações 3 a 6	800	49.51	0.96	4.04	0.00	2.20	54.72	0.00	30.84	72.77	2.45	158.93	262.54
Frações 4 a 7	800	33.29	0.45	5.56	0.00	1.39	100.85	0.00	22.47	28.05	1.67	69.68	120.20
Frações 3 a 7	1000	41.69	0.77	5.26	0.00	1.92	87.07	0.00	26.66	58.39	1.96	127.89	212.94
Frações 4 a 6	600	40.91	0.60	4.05	0.00	1.58	62.30	0.00	26.65	37.10	2.23	91.66	155.41

(1)Expresso em %v/v a 20 °C; (2)Expresso em mg/100 mL de álcool anidro; (3) Expresso em mL/100 mL de álcool anidro

Optando-se por fazer duas destilações consecutivas conforme descrito e separando uma fração de 900 mL, considerando as frações de 2 a 6 coletadas, obtemos uma aguardente de banana que se enquadraria nos valores permitidos pela legislação, caso fizéssemos uma diluição para adequação do teor alcoólico. Poderiam também ser separadas as frações de 3 a 7 para obtenção da aguardente. Neste caso não seria necessária a diluição e o volume obtido seria de 1000 mL. Apesar de o rendimento obtido ser baixo, ou seja, menos de um litro de bebida para 12 L de vinho fermentado, a aguardente obtida estaria em conformidade com a legislação brasileira. No caso da destilação única não seria possível a separação de frações para obtenção de um destilado enquadrado nos limites da legislação vigente.

4. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos no presente estudo, conclui-se que o fracionamento indica uma forma válida para se analisar o perfil de saída dos compostos voláteis durante a destilação.

Com as frações coletadas durante a destilação única e dupla, foi possível realizar um estudo do comportamento dos compostos voláteis destilados durante tal processo. Além da análise do comportamento de saída do destilado, foi possível estimar ainda a obtenção de uma bebida adequada do ponto de vista de qualidade química a partir de um corte menor da fração coração (inferior aos 80% normalmente obtidos). Apesar do baixo rendimento e um maior tempo de produção, o processo de destilação dupla para aguardente de frutas pode ser uma alternativa viável para a obtenção de uma bebida de qualidade do ponto de vista da adequação dos teores dos compostos voláteis aos estabelecidos pela legislação brasileira.

Entretanto, uma avaliação sensorial da bebida obtida pode ser importante para verificar se este ponto de corte, aqui determinado, pode ou não interferir negativamente na qualidade sensorial da bebida.

CAPÍTULO V

ACEITAÇÃO SENSORIAL DE AGUARDENTE DE BANANA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a aceitação sensorial de uma amostra de aguardente de cana comercial bidestilada e aguardente de banana produzida em laboratório a partir do mosto fermentado de banana prata. Foram recrutados 52 provadores não treinados entre professores, alunos e funcionários da Faculdade de Farmácia da UFMG. Os provadores utilizaram a escala híbrida na realização do teste de aceitação sensorial e as amostras foram servidas de forma monádica. Além da aceitação sensorial, foi avaliada a intenção de compra bebida pelos provadores participantes do teste. Não foram encontradas diferenças significativas na aceitação sensorial nem na intenção de compra entre as duas bebidas avaliadas. Apesar das médias das amostras não apresentarem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre si, as distribuições das frequências dos valores atribuídos indicam algumas diferenças sensoriais entre as amostras. Os resultados apontaram que ambas as aguardentes tiveram pequena aceitação por parte dos consumidores, ficando com nota média entre 6 e 7 para o atributo aroma (acima de “não gostei nem desgostei”); nota média de 5 para o atributo sabor (nem gostei nem desgostei), e nota média 6 para impressão global (impressão acima de “não gostei nem desgostei”). A aguardente de banana recebeu maior porcentagem de intenção de compra positiva (33%) e a aguardente de cana recebeu somente 27% de intenção de compra positiva. Os resultados sugerem que podem ser feitas melhorias na produção da bebida para que esta atinja uma aceitação maior ou que sejam realizados testes com provadores que sejam consumidores habituais desse tipo de bebida destilada.

Palavras-chave: aceitação sensorial, aguardente, banana.

1. INTRODUÇÃO

A análise sensorial é uma ciência multidisciplinar que tem como principal objetivo a quantificação e a identificação das características sensoriais de bebidas e alimentos (STONE & SIDEL, 1993). De acordo com a ABNT (1993) ela é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Utilizando-se das habilidades do ser humano, esta ferramenta analítica permite obter respostas para questões sobre sabor, aroma, aparência e textura difíceis de serem obtidas por meios instrumentais (STONE & SIDEL, 1993).

São diversos os testes sensoriais utilizados e estes podem se divididos em afetivos, discriminativos (ou de diferença) e descritivos (STONE & SIDEL, 1993). Os testes afetivos têm como objetivo conhecer a opinião de um determinado grupo de consumidores em relação a um ou mais produtos. Um teste afetivo muito utilizado é o teste de aceitação, que avalia o quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos (MEILGAARD *et al*, 1988). Os testes afetivos têm como meta medir: a preferência por, ou a aceitação de um produto; os testes discriminativos baseiam-se na percepção de diferenças entre dois ou mais produtos, enquanto os testes descritivos buscam elencar atributos sensoriais que descrevem o produto e bem como quantificá-los (STONE & SIDEL, 1993).

Nas aguardentes, por serem bebidas destiladas com um grande número de diferentes compostos em sua constituição, não se pode ter como único critério de qualidade a sua composição química. Assim, muitos grupos de pesquisadores têm efetuado a análise sensorial de aguardentes utilizando testes variados e correlacionando-os com dados físico-químicos. No caso da aguardente de cana, inúmeros trabalhos já utilizaram a análise sensorial para avaliar e comparar a aceitação dessa bebida, bem como para estudar o efeito da modificação durante o processo de obtenção da bebida, assim como o efeito do envelhecimento em tonéis de carvalho e outras madeiras (CARDELLO & FARIA, 2000).

No caso deste estudo, o objetivo foi verificar a aceitação sensorial de aguardente de cana de açúcar e aguardente de banana que foram submetidas a mais de uma destilação durante o seu processamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A aguardente de banana produzida por processo de destilação dupla e uma aguardente de cana comercial, bidestilada, foram submetidas à análise sensorial. Os provadores que realizaram o teste de aceitação foram recrutados entre professores, funcionários e alunos da Faculdade de Farmácia da UFMG. Para serem selecionados responderam o questionário mostrado em anexo (APENDICE A) e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APENDICE B) cujo objetivo foi identificar provadores aptos ao teste do produto em questão.

Aplicou-se o teste afetivo de aceitação, utilizando-se escala híbrida (VILLANUEVA et al., 2005). Nesta escala o número 1 correspondia ao termo “desgostei extremamente”, o número 5 ao termo “não gostei nem desgostei” e o 10 ao termo “gostei extremamente”. A escala era pontuada entre esses extremos de forma que o provador tivesse liberdade de marcar em cima ou entre os pontos definidos. A intenção de compra do produto também foi avaliada através de uma escala de cinco pontos na qual o número 1 correspondia ao termo “certamente não compraria” e número 5 ao termo “certamente compraria”.

Uma equipe de 52 provadores avaliou as amostras em relação ao aroma, sabor e impressão global. Os testes foram realizados em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Alimentos da FAFAR-UFMG. As amostras foram servidas de forma monádica em pequenas taças de plástico transparentes, codificadas (algarismos de três dígitos) e cobertas com filme plástico, que foram retirados no momento do teste. Todas as amostras foram apresentadas em temperatura ambiente.

O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados e balanceados. No momento do teste, os provadores responderam à ficha da Figura 1.

O teste sensorial foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFMG conforme parecer número ETIC 060/06 (APENDICE C) e aprovado pelos Laboratórios de Microbiologia Industrial e Biocatálise e Laboratório de Análise Sensorial e Estudos do consumidor.



Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de aguardente. Siga a sequência de atributos a serem avaliados e marque com um “X” na escala, o lugar (inclusive entre os pontos) que melhor representa o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo.

Amostra n° _____

AROMA:

0 5 10
Desgostei Nem gostei, Gostei
Muitíssimo Nem desgostei muitíssimo

SABOR:

0 5 10
Desgostei Nem gostei, Gostei
Muitíssimo Nem desgostei muitíssimo

De uma forma geral, qual a sua opinião sobre a aguardente:

0 5 10
Desgostei Nem gostei, Gostei
Muitíssimo Nem desgostei muitíssimo

Após ter avaliado a amostra de aguardente, indique na escala abaixo o grau de certeza no qual você estaria disposto a comprar esta aguardente, se a encontrasse à venda:

- () certamente não compraria
- () provavelmente não compraria
- () talvez comprasse, talvez não comprasse
- () provavelmente compraria
- () certamente compraria

Comentários: _____

Obrigado por sua Participação!

Figura 1 – Ficha de avaliação das aguardentes utilizada no teste de aceitação.

3. RESULTADOS E DISCUSSAO

3.1 Perfil do consumidor

Na Figura 2 é apresentado o perfil dos consumidores que participaram da avaliação sensorial das aguardentes de cana de açúcar e de banana. Os testes sensoriais foram realizados com 52 consumidores, sendo 75% do gênero feminino e 25% do gênero masculino, com idade superior a 18 anos, predominando a faixa etária de 18 a 26 anos de idade (71,15%), seguida pela faixa de 26 a 35 anos (17,31%). A maioria dos provadores (63,5%) apresentava o terceiro grau (completo ou em andamento); sendo que 30,8% eram mestres ou doutores e apenas 3,8% tinham o ensino médio completo e 1,9% tinham somente o fundamental completo. A maior parte dos provadores (36,5%) declarou possuir renda familiar variando de 5 a 10 salários mínimos.

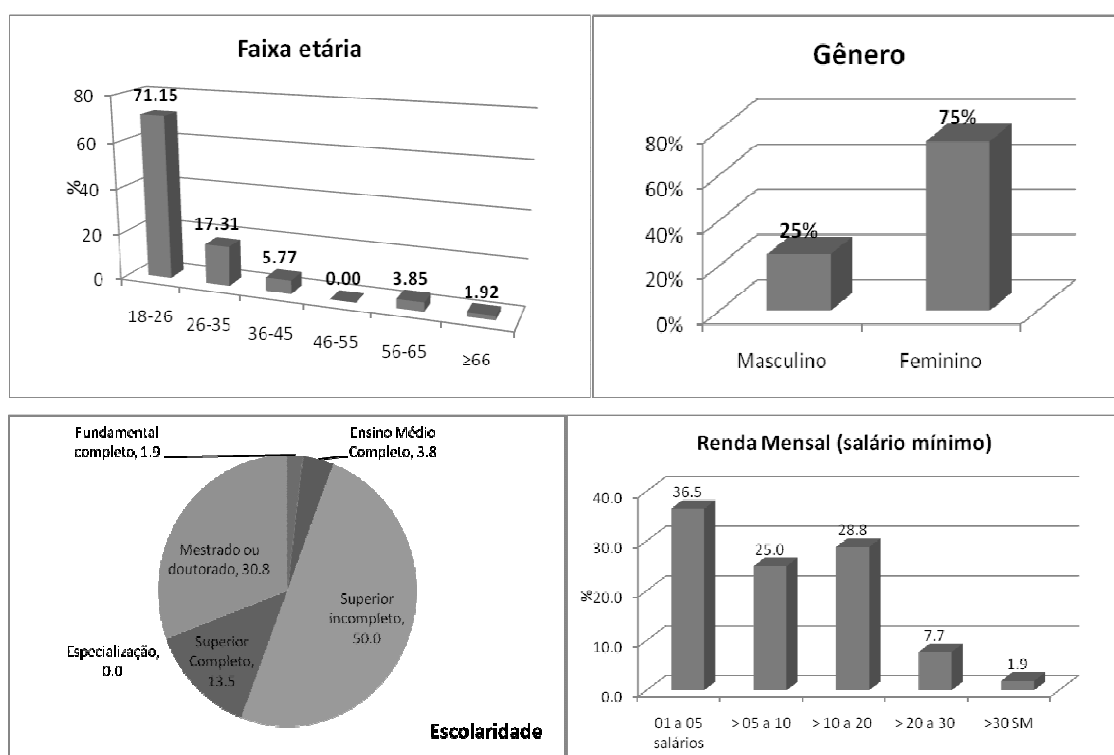


Figura 2 - Perfil sócio- demográfico dos consumidores.

Dentre os provadores participantes do estudo, 71,2% apresentavam freqüência de consumo habitual de bebidas alcoólicas e apenas 28,8% não consumiam bebida alcoólica habitualmente. Adicionalmente, os consumidores declararam o tipo de bebida alcoólica do seu consumo habitual, onde a cerveja foi a bebida mais consumida habitualmente por eles (22 provadores) seguida pela vodca (8 provadores) e o vinho e a cachaça foram citados por 5 provadores somente (FIGURA 3). Com relação ainda ao consumo de aguardente de cana, 42,3% dos provadores declararam gostar moderadamente da bebida, porém em relação à freqüência do consumo, 67,3% consomem raramente, 21,2% eventualmente e 9,6% consomem nos finais de semana. Menos de 2% dos provadores declararam consumir a bebida frequentemente.

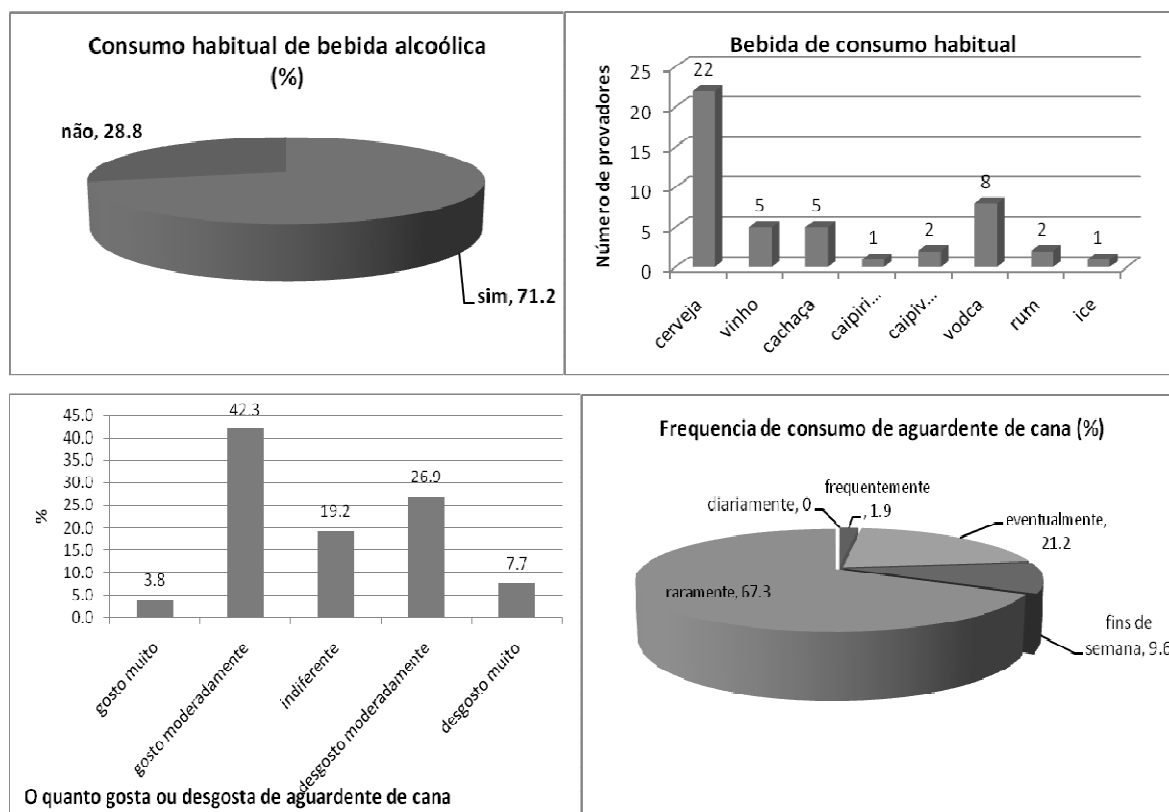


Figura 3: Informações sobre bebidas alcoólicas e aguardente de cana declaradas pelos consumidores.

Em relação às formas de consumo de aguardente de cana, a grande maioria dos provadores declarou consumir a bebida na forma de caipirinha (49,3%) ou de coquetéis (29,9%). Somente 20,9% dos provadores declararam consumir aguardente de cana na forma pura (Figura 4).

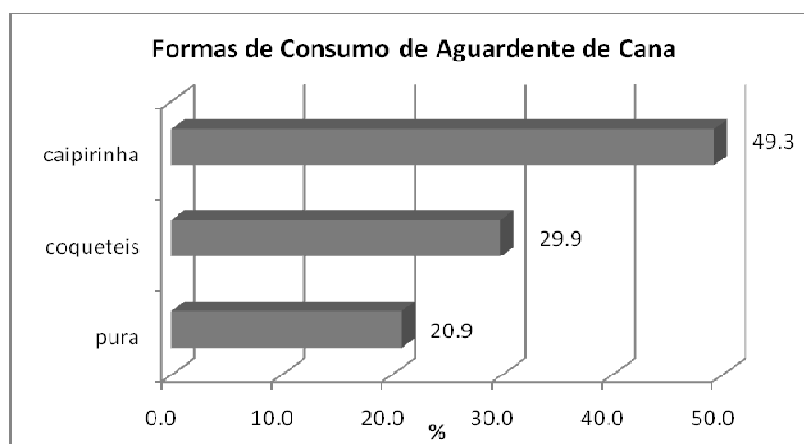


Figura 4 : Formas de consumo habituais de aguardente de cana pelos provadores avaliados no teste de aceitação.

Por último, em relação ao contato com aguardente de frutas, 19,2% dos provadores disseram já ter experimentado algum tipo de aguardente de fruta e as frutas citadas por eles foram banana, manga, maracujá, coco e jabuticaba (Figura 5). Cabe ressaltar que essa informação dada pelos provadores não necessariamente esclarece o consumo de aguardente de fruta, uma vez que no mercado existem bebidas obtidas através da infusão de frutas na aguardente de cana. Esse tipo de produto, saborizado por infusão pode ter sido interpretado pelo consumidor como uma aguardente de fruta e, portanto, não se pode afirmar o consumo de aguardente de fruta. Diante do questionamento se o provador gostaria de experimentar aguardente de fruta, 100% dos provadores declararam que sim, gostariam de experimentar uma aguardente de fruta.

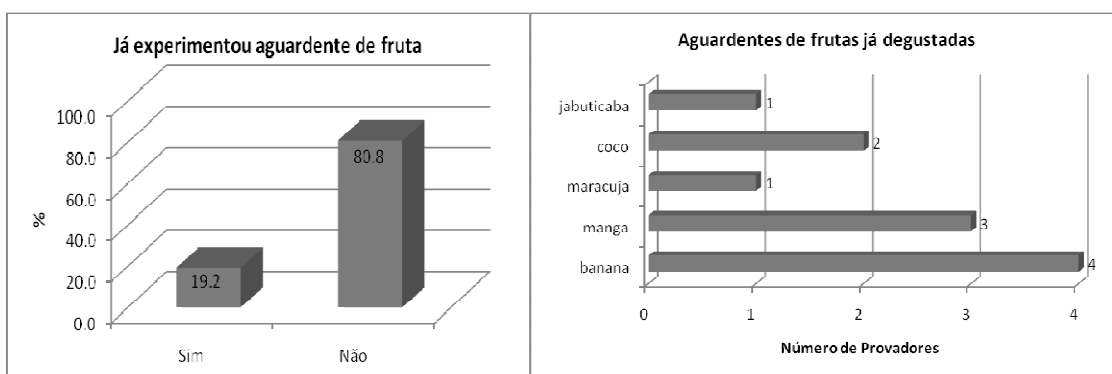


Figura 5: Declaração do consumidor em relação ao consumo de aguardente de frutas.

3.2 Aceitação Sensorial

A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de aceitação em laboratório, das amostras de aguardente de banana produzida, em comparação com a aguardente de cana de açúcar comercial. Comparando os valores médios para a escala híbrida não se observam diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as amostras, revelando igual aceitação das aguardentes de banana avaliadas nas condições deste trabalho. Na escala híbrida de 10 pontos, a marca comercial de aguardente de cana apresentou valor médio 6,4 para o atributo aroma, situado acima do termo “nem gostei nem desgostei” e abaixo do termo “gostei muitíssimo” enquanto que a aguardente de banana apresentou o valor médio de 7,4, situado entre os mesmos termos, não apresentando diferença significativa. Em relação ao atributo sabor, a marca comercial de aguardente de cana, com valor médio 4,9, foi estatisticamente igual ao valor médio 5,2 da aguardente de banana. A mesma tendência ocorreu para o atributo impressão global, com nota média de 5,4 para a aguardente de cana e 6,0 para a aguardente de banana.

Tabela 1 - Valores médios da aceitação da aguardente de banana e da aguardente de cana.

Parâmetros avaliados			
Aguardentes	Aroma	Sabor	Impressão Global
Aguardente de banana	7,38 ^a	5,19 ^a	6,01 ^a
Aguardente de cana	6,38 ^a	4,89 ^a	5,41 ^a

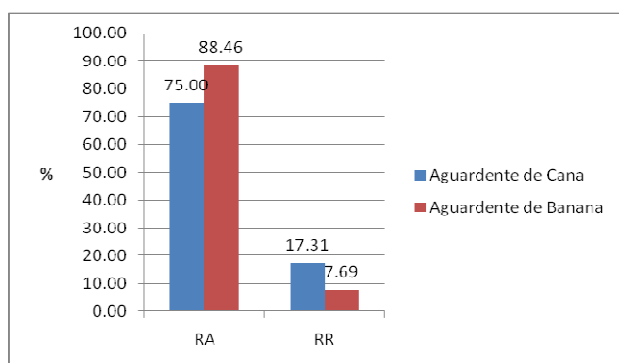
Médias que possuem as mesmas letras numa mesma coluna não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com a ANOVA e teste de Tukey, não foram detectadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na aceitação das aguardentes avaliadas pelos 52 consumidores.

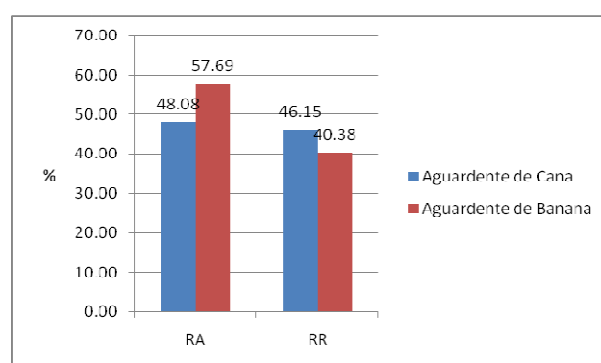
Para as duas amostras, foram atribuídos pelos provadores médias quanto à impressão global em torno de 5 e 6, que corresponde na escala híbrida de 10 pontos resposta acima ao temo “nem gostei, nem desgostei”. No entanto, a simples média de aceitação, quando existem consumidores com atitudes opostas frente às diferentes amostras, pode fazer com que as notas de alguns provadores anule as de outros, resultando em médias de aceitação que podem não apresentar diferença significativa entre si (DORNELLES et. al., 2009).

Segundo SILVA et al. (1998) a avaliação dos dados hedônicos por meio do Histogramas de Frequência constitui uma alternativa para representar a aceitação e a rejeição dos consumidores em relação aos produtos analisados. Portanto para melhor visualizar possíveis diferenças na aceitação das amostras, foi construído um histograma da distribuição da frequência das respostas dos provadores quanto ao aroma, ao sabor e à impressão global. Na escala híbrida de dez pontos, a categoria "nem gostei, nem desgostei" (valor 5) representa a região da indiferença afetiva do consumidor em relação ao produto, ficando a escala dividida então em duas regiões: a região de aceitação (notas de 5,5 a 10), e a região de rejeição do produto (notas de 1 a 4,5) (DORNELLES et. al. 2009).

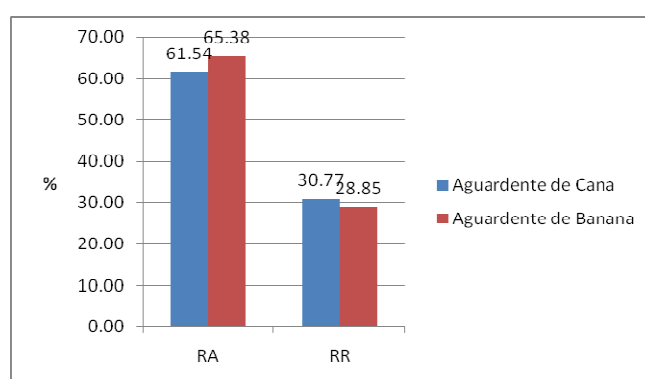
Nas Figuras 6 (a), (b) e (c) encontram-se representadas as porcentagem das notas de aceitação quanto ao sabor, ao aroma e à impressão global em duas regiões soma: regiões de rejeição (RR) e aceitação (RA).



(a) Aroma



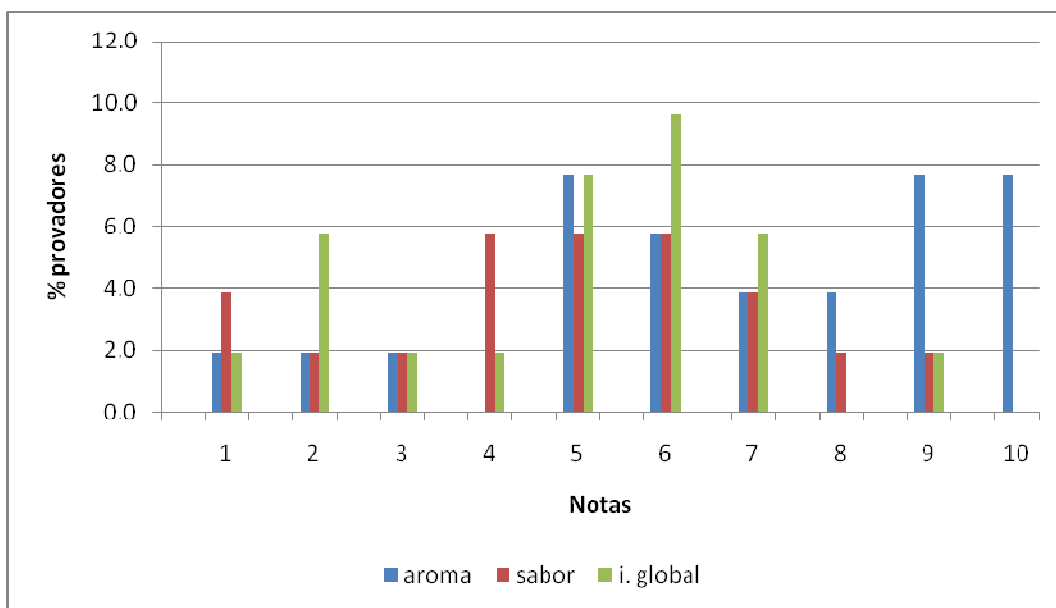
(b) Sabor



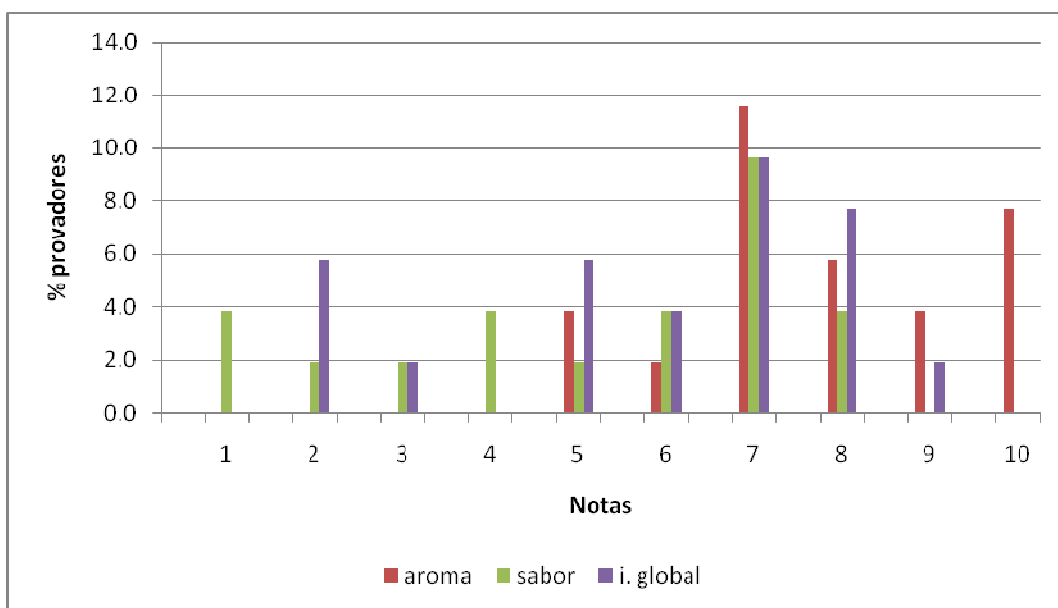
(c) Impressão Global

Figura 6 - Histograma de freqüência das porcentagens de aprovação e rejeição em relação aos atributos avaliados. RR: região de rejeição (notas de 0,5 a 4,5); RA: região de aceitação (notas de 5,5 a 10,0).

Apesar das médias das amostras não apresentarem diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre si, as distribuições das freqüências dos valores atribuídos (FIGURA 7 a e b) indicam algumas diferenças sensoriais entre as mesmas.



(a)



(b)

Figura 7 - Histograma de freqüência de notas para os atributos aroma, sabor e impressão global referente às amostras de aguardente de cana de açúcar e banana, respectivamente. (a) Aguardente de Cana de açúcar; (b) Aguardente de banana.

3.3 Teste de intenção de compra

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do teste de intenção de compra das amostras de aguardente de cana de açúcar e de banana. Os resultados revelaram que as amostras de aguardente de cana de açúcar e aguardente de banana não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre si. As médias de intenção de compra encontraram-se próximas ao intervalo entre “talvez comprasse, talvez não comprasse” (nota 3).

Tabela 2 - Médias das notas de intenção de compra para aguardente de cana de açúcar e aguardente de banana.

Amostras	Intenção de compra*
Aguardente de Cana de açúcar	2,71 ^a
Aguardente de Banana	2,85 ^a

^{a,b} Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
*Parâmetro avaliado por meio de escala de cinco pontos na qual 1 = certamente não compraria, 3 = talvez comprasse, talvez não comprasse e 5 = certamente compraria.

Os resultados com o teste de atitude de intenção de compra mostraram ainda que 5% dos consumidores certamente comprariam a aguardente de banana e de cana; 32% dos consumidores tinham intenção provável de compra da aguardente tradicional de cana 42% para a aguardente de banana e 41% possivelmente não comprariam a de cana e 31% provavelmente não comprariam a de banana, como mostra a FIGURA 8. Já os provadores que certamente não comprariam a aguardente de banana e a de cana, totalizaram em 22% para ambas as amostras. Os principais comentários descritos pelos provadores foram com relação ao aroma atrativo do produto, o qual alegaram que poderia ser mais intenso.

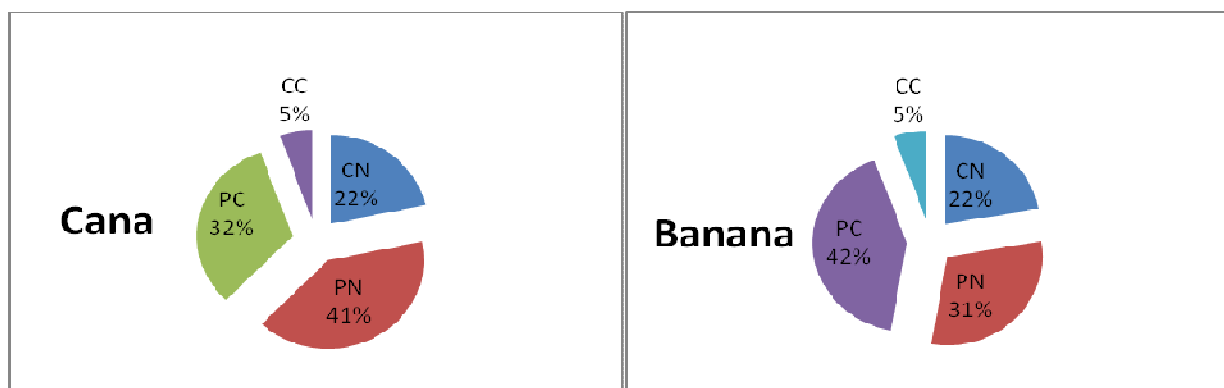


Figura 8 – Intenção de compra do consumidor ao avaliar sensorialmente aguardente de banana. PC: provavelmente compraria; CC: certamente compraria; CN: certamente não compraria; PN: provavelmente não compraria.

Observando-se a Figura 9, é possível verificar que os percentuais de intenção de compra positiva das duas amostras aguardente de cana (27%) e aguardente de banana (33%) foram muito semelhantes, ratificando os resultados observados no teste de aceitação no qual não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) na aceitação quanto ao aroma, sabor e à impressão global das amostras. A aguardente de cana recebeu maior porcentagem de intenção de compra negativa (44%) e a aguardente de banana recebeu 37% de intenção de compra negativa, o que mostra que os provadores não possuem elevados índices de intenção de compra para estes produtos.

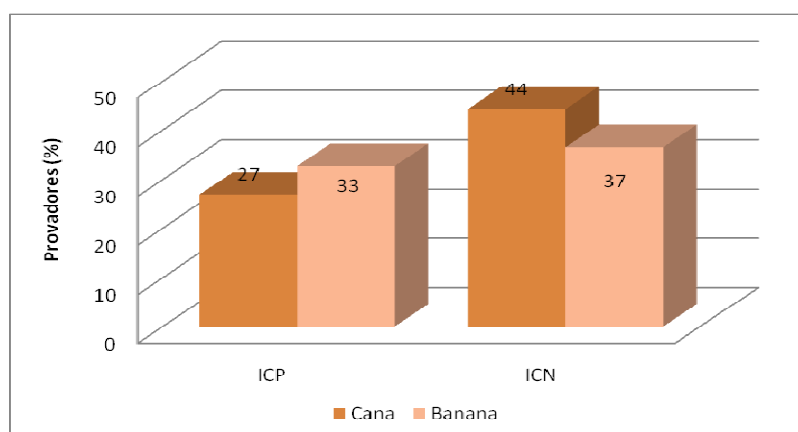


Figura 9 -Histograma de frequência das porcentagens de aprovação e rejeição quanto à intenção de compra das aguardentes de cana de açúcar e de banana. ICP: intenção de compra positiva (notas 4 e 5); ICN: intenção de compra negativa (notas 1 e 2).

SILVA (2004) avaliando sensorialmente aguardente de banana em relação ao aroma verificou que a aguardente por ela produzida apresentava aroma fraco em relação à amostra comercial avaliada. A aguardente de banana obtida experimentalmente pela autora apresentou 75% de aceitabilidade no teste sensorial de aroma, contra 100% de aceitabilidade da aguardente de banana comercial. Já SILVA et al (2009) avaliando a aceitação de aguardente de banana prata integral e sem a casca, observaram notas médias de 4,78 e 4,91 em escala hedônica de 9 pontos. A comparação das médias obtidas no teste de aceitação sensorial demonstrou não haver diferença entre a aceitação da aguardente de polpa de banana e banana integral.

SIMÃO et al. (2003), estudando a aceitação sensorial de aguardente de manga, mediante escala hedônica de nove pontos, encontraram notas médias sensoriais de 7,33 para o aroma, 6,69 para o sabor e 7,06 para a impressão global, muito próximas às encontradas por ALVARENGA (2006) avaliando também aguardente de manga. Os resultados do teste de intenção de compra destes mesmos autores mostraram que os consumidores provavelmente comprariam o produto se este estivesse disponível no mercado.

Em um teste de comparação múltipla realizado com aguardente produzida a partir do mosto fermentado de melancia, AKHARAIY & OMOYA (2008) encontraram notas médias de 5,3 em uma escala de nove pontos. O produto obtido do mosto fermentado de melancia não obteve boa aceitação, porém quando foi feita a mistura de melancia com banana e melancia com abacaxi, os resultados foram melhores, e as aguardentes obtiveram notas para impressão de 7,5 a 8,6.

ROTA & FARIA (2009) comparando a aceitação de aguardentes de cana destiladas uma única vez e aguardentes bidestiladas observaram que o processo de bidestilação aponta para resultados positivos do ponto de vista sensorial, principalmente quando se utiliza alambiques de cobre.

Dentre os estudos de aceitação de aguardente de fruta acima descritos, não é demonstrado o perfil do consumidor que realizou os testes. No caso deste estudo, os resultados mostram que possivelmente a baixa aceitação do produto pode ser devido ao tipo de provador selecionado para o teste. Como mencionado anteriormente, a maioria dos provadores não era consumidor habitual de bebida alcoólica e tão pouco desse tipo de bebida destilada. Um novo estudo sensorial poderia ser realizado com consumidores

habituais da bebida ou somente com provadores treinados. Outro dado importante é com relação aos comentários sobre o aroma de banana da bebida ser pouco intenso, o que poderia ser melhorado em alguma etapa de elaboração da bebida para obtenção de uma melhor aceitação da mesma.

4. CONCLUSÕES

A aguardente de banana produzida através da dupla destilação e a aguardente de cana comercial bidestilada apresentaram aceitação sensorial variando entre 4,89 e 7,38 (em torno do nem gostei nem desgostei). Os consumidores apresentaram pouco interesse em relação aos produtos e apresentaram baixa intenção de compra (2,71 para aguardente de cana e 2,85 para aguardente de banana). Os resultados mostram que podem ser feitas melhorias na produção da bebida para que esta atinja uma aceitação maior ou que sejam realizados testes com provadores que sejam consumidores habituais desse tipo de bebida destilada.

CONCLUSÕES INTEGRADAS

As linhagens de leveduras avaliadas apresentaram diferenças significativas para os parâmetros fermentativos de rendimento em etanol e eficiência de conversão de açúcares redutores totais (ART) em etanol. O fermento prensado comercial e a linhagem UNICAMP V1 se destacaram por apresentarem os melhores resultados para os parâmetros fermentativos. A linhagem UNICAMP V1 e o fermento prensado produziram baixos teores de alcoóis superiores e metanol e apresentaram bons rendimentos em etanol, o que as torna indicadas para ensaios posteriores de produção de aguardente de banana em escala piloto.

Dentre os teores de açúcar avaliados para fermentação de polpa de banana, o mais indicado foi mosto com 150 g.L^{-1} de açúcares redutores, uma vez que este proporcionou um maior rendimento em etanol e eficiência de conversão de açúcar em etanol. Com 150 g.L^{-1} de açúcar no mosto e sem agitação do meio de fermentação, foram observados menores teores de alcoóis superiores nos sucos de banana fermentadas (vinhos). Com a agitação dos meios de fermentação houve um aumento de rendimento em etanol, porém observou-se uma maior formação de alcoóis superiores durante a fermentação do suco de banana. Observou-se também que a filtração e hidrólise enzimática são etapas importantes na produção de aguardente de banana por permitirem um aumento do rendimento de extração de suco e rendimento em etanol, além de sugerirem uma influência na redução do teor de metanol produzido durante a fermentação.

As aguardentes produzidas a partir das bananas das variedades prata e nanica mostraram ser opções viáveis para elaboração da bebida e apresentaram a maioria dos compostos secundários dentro dos limites exigidos pela legislação, com exceção dos teores de alcoóis superiores, metanol e cobre. O carvão ativo apesar de reduzir alguns compostos indesejáveis em aguardente de banana, deve ser usado com cautela, para que compostos orgânicos responsáveis pelo aroma e sabor da aguardente não sejam também removidos em quantidades que venham a depreciar a bebida.

O fracionamento durante a destilação é uma forma válida para se analisar o perfil de saída dos compostos voláteis. Com as frações coletadas durante a destilação única e dupla, foi possível realizar um estudo do comportamento dos compostos voláteis destilados durante tal processo. Além da análise do comportamento de saída do destilado, foi possível estimar ainda um volume de aguardente de banana adequada do ponto de vista de qualidade

química o que foi possível com um corte menor da fração coração (inferior aos 80% normalmente obtidos). Apesar do baixo rendimento e um maior tempo de produção, o processo de destilação dupla para aguardente de frutas pode ser uma alternativa viável para a obtenção de uma bebida de qualidade do ponto de vista da adequação dos teores dos compostos voláteis secundários.

A aguardente de banana produzida através da dupla destilação e a aguardente de cana comercial bidestilada não apresentaram boa aceitação sensorial e os consumidores apresentaram baixa intenção de compra. Os resultados mostram que podem ser feitas melhorias na produção da bebida para que esta atinja uma aceitação maior ou que sejam realizados testes com provadores que sejam consumidores habituais desse tipo de bebida destilada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 12806: *Análise sensorial dos alimentos e bebidas*. São Paulo: ABNT, 1993.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 13856: acidez titulável total, volátil total e fixa. São Paulo, ABNT, 1997. 5p.

ABRABE (Associação Brasileira de Bebidas). Disponível em www.abrabe.org.br Novembro 2010. Acesso em 24 de novembro de 2010.

AGRIANUAL (Anuário da Agricultura Brasileira), 2002.

AKHARAIYI, F. C. & OMOYA, F. O. Studies on Qualitative and Quantitative Characterization of Alcoholic Beverages from Tropical Fruits. *Research Journal of Microbiology*, 3(6): 429-435, 2008.

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BOSQUEIRO, A. C.; BELLUCO, A. E. S. Chemical profile of sugar cane spirit produced by double distillation methodologies in simple still. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 499-506, 2009.

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P.A.; BELLUCO, A.E.S. Cinética de volatilização de componentes secundários da aguardente de cana-de-açúcar durante dupla destilação em alambique retificador. *Scientia Agricola*, v. 67, n. 3. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162010000300005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 19 jul. 2010.

ALMEIDA, G. C. ; SILVA, T. Avaliação de Perdas na cadeia comercial de banana nanica, banana prata e tomate longa vida. Belo Horizonte: CEASAMINAS: FAEMG: SEBRAE/MG, 2008.

ALMEIDA, GABRIEL V. BITENCOURT. Agrônomo analisa a produção de bananas no subtropical. www.jornalentreposto.com.br. Acesso em 17/02/2011.

ALMEIDA, J. R. de; VALSECCHI, O.; NOVAIS, R.F. Envelhecimento das aguardentes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* v. 4, p11-83, 1949.

ALMEIDA, J.R.; VALSECHI, O. Fermentação da banana. *Brasil açucareiro*, 33 (1):78-81, São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), 1949;

ALMEIDA, M. M.; TAVARES, D. P. S. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; DA SILVA, F. L. H. 2006. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.8, n.1, p.35-42.

ALMEIDA, M.E.W. & BARRETO, H.H.C. Alcoóis superiores em aguardente de cana por cromatografia em fase gasosa. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 31: 117-24, 1971.

ALVARENGA, L.M. *Efeito do tratamento enzimático da polpa na produção de aguardente de manga*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.79 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).

ALVES, J. G. L. F.; TAVARES, L. S.; ANDRADE, C. J.; PEREIRA, G.G.; DUARTE, F.C. CARNEIRO, J.D.S. Desenvolvimento, avaliação qualitativa, rendimento e custo de produção de aguardente de goiaba. *Braz. J. Food Technol.*,P. 64-68. 2008.

AMERINE, M. A.; BERG, H. W. ; CRUESS, W. V. *The technology of wine making*. 3 ed. Westport, The AVI Publ., 1072.

ANDRIETTA, S.R.; MIGLIARI, P.C.;ANDRIETTA, M. G. S. Classificação das cepas de levedura de processos industriais de fermentação alcoólica utilizando capacidade fermentativa. *Soc. Tecnol. Alcool Beb.*, Piracicaba, v. 17, p.54-59, 1999.

APOSTOLOPOULOU, A. A.; FLOUROS, A. I.; DEMERTZIS, P. G.; AKRIDA-DEMERTZI, K. 2005. Differences in concentration of principal volatile constituents in traditional Greek distillates. *Food Control*. 16, 157-164.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. *Biotecnología Industrial: Biotecnología na produção de alimentos*, Vol. 4. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

ARAUJO, K. G. L.; SABAA, A.U.O.; RODRIGUES, S. F.; MANHÃES, L. R. T.; CANTO, M.W. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus L.*) cv. *Pérola e Smooth cayenne* para a produção de vinhos - estudo da composição química e aceitabilidade. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 29(1): 56-61, 2009.

ARRUDA, A. R. CASIMIRO, A. R. S., GARUTI, D. S., ABREU, F. A. P. Fermented banana beverage processing. *Revista Ciência Agronômica*, Vol. 34, No.2 : 161 – 167. 2003.

ASQUIERI, E. R., RABÊLO, A. S.; Moura, A. G. e SILVA. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(4): 881-887, out.-dez. 2009.

ASQUIERI, E. R., RABÊLO, A. S.; Moura, A. G. e SILVA. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(4): 881-887, out.-dez. 2008.

ASQUIERI, E. R., DAMIANE, C., CANDIDO, M.A., ASSIS, E. M., *Vino de jabuticaba (Myrciaria clauriflora Berg)* : Estudio de las características fisico-quimicas y sensoriales de los vinos tinto seco y dulce, fabricado con la fruta integral. *Alimentaria*, n. 355, p.111-122, 2004.

BASSO, L. C. Fermentação alcoólica e alguns fatores que afetam o desempenho fermentativo. In: AMORIM , H. V. *Processo de produção de álcool*. Piracicaba: ESALQ/ USP, 1996. p.50-80.

BASIE, Z.; MAKSIMOVIE; M.; JAKOVJOVIE,J.; OBRADOVIE, G. Methanol as an index of a fruit brandies toxicity or naturalness. *Toxicology Letters*. V.95, p159.1998.

BENDONI, B., CAVALIERI, D., CASALONE, E., POLSINELLI, M., BARBERIO, C. 1999. Trifluoroleucine resistance as a dominant molecular marker in transformation of strains of *Saccharomyces cerevisiae* isolated from wine. *FEMS Microbiology Letters*, 180(2):229-233

BERRY, D.R. Alcoholic beverage fermentations. In: LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. (Eds.). *Fermented Beverage Production*. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 32-44.

BERRY, D.R. Alcoholic beverage fermentations. In: LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J.R. *Beverages: origin and development*. Flórida: Verlag Chemie, 1983. p. 64-78.

BIZELLI, L.C.; RIBEIRO, C. A. F.; NOVAES, F. V. Dupla destilação da aguardente de cana: teores de acidez total e de cobre. *Scientia Agricola*. vol.57 n.4 p.623-627. 2000.

BORTOLINI, F., SANTÀNNA, E. S., TORRES, R. Cl. 2001. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*Actinidia deliciosa*); composição dos mostos e métodos de fermentação acética. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 21(2): 236-243, 2001.

BOSCOLO, M.; BEZERRA, C.W.B.; CARDOSO, D.R.; LIMA-NETO, B.S.; FRANCO, D.W. 2000. Identification and dosage by HRGC of minor alcohols and esteres in brazilian sugarcane spirit: *J. Braz. Chem. Soc.*, 11(1): 86-90.

BOZA, Y. E. A. G. 1996. Influencia da condução da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. SP.

BOZA, Y.; HORII, J.; Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana de açúcar. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* Vol.18, n.4, 18, 391, 1998.

BRASIL. Decreto n. 4.851, de 2 de outubro de 2003 altera dispositivos do Regulamento aprovado pelo Decreto n. 2.314 de 4 de setembro de 1997, Padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 3 out. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 13 de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 jun. 2005a. Seção 1, p.3.

BRASIL. MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO. Lei n.10970 de 12 de novembro de 2004. Dispoe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho e da outras providencias. Disponível em www.agricultura.gov.br acesso em 4 de maio de 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 13 de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade

e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 jun. 2005a. Seção 1, p.3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 24 de 8 de setembro de 2005. Aprova o manual operacional de bebidas e vinagres. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de setembro de 2005b. Seção 1, p.11.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da União, Brasília, 28 nov. de 1986. Seção 1, pt. 2.

BRASIL; Decreto nº 2314, 04 set. 1997, Diário Oficial da União, DF, 05/ 09/1997.

BRASIL. 1986. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da União, Brasília, 28 nov. de 1986. Seção 1, pt. 2.

BRASIL. 2005. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, D.F. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n. 371, de 09 de setembro de 1974. Aprova a complementação dos padrões de Identidade e Qualidade para bebidas, vinagres e demais produtos referidos no Decreto 73.267 de 06 de dezembro de 1973, conforme as especificações anexas. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br> Acesso em: 20 jan. 2008.

BROCKS, K.; ERIKSEN, N.; JONSSON, V.; HANSEN, M.; BRAHM, M. HERTZ, J. JORGENSEN, B.C.; WINTERREIK, B. 4 Simulations cases of methanol poisoning caused by home-made plum brandy. Ugeskrift for Laeger, v. 145, n.4, p.232-234, 1983.

BROOKS, A. A. 2008. Ethanol production potential of local yeast strains isolated from ripe banana peels. African Journal of Biotechnology. Vol. 7 (20) p.3749-3752.

CAMPOS, C.R. Uso de cepas selecionadas de *Sacharomyces cerevisiae* na produção de cachaça. 2003. 105p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CANO, P. ANCOS, B. MATAALLANA, C.M. CAMAR, M. REGIERO, G. TABERNA, J. Difference Among Spanish and Latin America Banana Cultivar: Morphological, Chemical and Sensory Characteristics. Food Chemistry. Vol. 59. nº3, 1997. p. 411-414.

CANTAO, F. O. Análises físico químicas e avaliação da presença de cobre em aguardentes de cana por aluminossilicatos 2006. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras

CANTÃO, F.O; MELO, W. C; CARDOSO, M. G. 'DOS ANJOS, J. P.; OLIVEIRA, L. C. A. Avaliação e remoção de cobre em aguardentes de cana pela utilização dos

aluminossilicatos: zeolita e Bentonita. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1109-1115, 2010.

CARDELLO, H.M.A.B; FARIA, J.B. Perfil Sensorial e Características Físico-Químicas de Aguardentes Brasileiras Envelhecidas e Sem Envelhecer. *Braz. Brazilian Journal of Food Technology*; v.3, p. 41-50, 2000.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus Alba L.*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, p.169-175, 1998.

CARDOSO, M. G. *Produção de aguardente de cana-de-açúcar*. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 264p.

CARDOSO, M. G.; *Produção de aguardente de cana*, 2a ed., UFLA: Lavras, 2006.

CAUMEIL, M. LE COGNAC. 1983. *Revue Pour la Science*, Edition Francaise de "scientific Americain" (France), 48-57p.

CAVALCANTI, A. F.. Bidestilação em alambiques contendo dispositivos de prata e cobre e sua influencia na qualidade da cachaça. Dissertação de Mestrado Departamento de Alimentos e Nutrição. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Unesp Araraquara, 2009.

CEAGESP (Companhia de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo). Normas para Classificação de Frutas. Disponível em <www.ceagesp.com.br>. Acessado em julho de 2007.

CHEESMAN, E.E. Classification the bananas. III. Critical notes on species (c) *M. paradisiaca*, *M. sapientum*. *Kew bulletin*, n.2, p.147-153, 1948.

CLAUS, M. J.; BERGLUND, K. A. Fruit brandy production by batch column distillation with reflux. *J. Food Process Eng.* 2005, 28, 53-67.

CLETO, V. G. Ação da lecitina no processo fermentativo, rendimento e composicao das aguardentes em mosto de cana de acucar, laranja e uva. 2000. 73p. tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

CLETO, F. V. G., MUTTON, M. J. R. Rendimento e Composição das aguardentes de cana, laranja e uva com utilização de lecitina no processo fermentativo. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 28, n. 3, p. 577-584, maio/jun., 2004.

CONSTANTI, M.; POBLET, M.; AROLA, L.; MAS. A, GUILLAMON, J. R. Analysis of yeast populations during alcoholic fermentation in a newly established winery *Am. J. Enol. Vitic.*, v. 48, p. 339-344, 1997.

CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 449-452, 2001.

CORTES, S.M., GIL, M.L., FERNANDEZ, E. 2000. The influence of redistillation in the distribution of volatile components of marc spirit (aguardiente) and its repercussion on the aromatic quality. *Science des Aliments*, 22: 265-275.

COSTA, A. G. F.; OLIVEIRA, C. S.; LOPES, F. L.G.; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R.; *Anais do XIV Simpósio Nacional de Fermentações*, Florianópolis, Brasil, 2003.

CRISPIM, J.E.; CONTESSI, A .Z.; E VIEIRA, S.A Manual da.Produção de Aguardente de Qualidade. Editora Agropecuária, Guaíba-RS, 333p. 2000.

CROWELL, E, A. ET al. Techniques for studying the mechanism of higher alcohol formation by yeas. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 12, p 111-116, 1961.

D'AMORE, T.; PANCHAL, C.J.; STEWART. Intracellular ethanol acumulation in *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation. *Applied Environmental Microbiology*, v.54, n.1, p.110-114, 1988.

DA SILVA, P. H. A., SANTOS, J. O.; ARAUJO, L. D.;FARIA, F. C.; PEREIRA, A. F.; DE OLIVEIRA, V. A.; VICENTE, M. A.; BRANDÃO, R. L. Avaliação cromatográfica de compostos voláteis de cachaças produzidas com leveduras de diferentes procedências. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* vol.29 no.1. 2009

DIAS, D. R.; SHWAN, R. F.; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.) *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas: 23(3):342-350, 2003.

DORNELLES, A. S.; RODRIGUES, S. ; GARRUTI, D. S. Aceitação e perfil sensorial das cachaças produzidas com Kefir e *Saccharomyces cerevisiae*. *Ciência. Tecnolgia del. Alimenost*, vol.29, n.3 , pp. 518-522, 2009.

DUARTE, M. A.; SIMAO, L. O. MAIA, A. B. R. A, ALVEZ, J. G. L. F. 2005. Estudo da Produção das Aguardentes de Banana e de Manga. Centro Universitário de Belo Horizonte.

EMAGA, T.H., Rado Herinavalona Andrianaivo, Bernard Wathelet, Jean Tchango Tchango, Michel Paquot. 2007. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry* 103:590–600.

EMBRAPA (2009) Dia de Campo aborda a cultura da Banana. Disponível em <
<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/abril/4-semana/dia-de-campo-aborda-a-cultura-da-banana/?searchterm=banana>>

EMBRAPA uva e vinho; *Comunicado Técnico. Avaliação Nacional de Vinhos-Safra 2000: Características Sensoriais e Físico-Químicas dos Vinhos*, 2000.

EMBRAPA. Banana Pós Colheita. Informações Tecnológicas Brasília, DF, 2007. 72p.

ENGAN, S. The influence of some aminoacids on the formation of highter aliphatic alcohol and esters. *Journal Institute of Brewing*, London, v. 76, p. 254-256, 1970.

ESTADO DE MINAS, página 12 do Caderno Agropecuário do Jornal Estado de Minas, 13 de agosto de 2008.

FAO. Food and Agricultural Organization. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections>>. Acesso em: 10 fev de 2010.

FARIA, J. B. et al. Cachaça, Pisco e Tequila. In: LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. (Eds.). Fermented beverage production. 2 ed. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, 2003. cap. 15, p. 335-363.

FARKAS, J. Causes of hydrogen sulphide off flavor in wine and methods of removal. Vinograd, Bratislava 26 88-89, 1988 OU 1998?. Fermented Beverage Production. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 32-44

FERNÁNDEZ, T.; MARCET, M.; OLIVEIRA, W.; MARTÍN, C. Isolation and evaluation of thermotolerant strains of *Saccharomyces cerevisiae* for aguardente and rum production. 2008. Ciencia e Tecnologia. Alimentaria. 6(1) 64-70.

FERREIRA, G. B.; DE MELO, V. V.; DE ALMEIDA, J. B. O.; EVANGELISTA, A. F.; DE SOUZA, R. R. Caracterização do Processo de Obtenção de Uma Aguardente de Mandioca. Brazilian Journal of Food Technology. 5º SIPAL, 2005.

FERREIRA, L.V. 2002. Estudo da fermentação alcoólica em frascos agitados. Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, Brasil.

FERTONANI, H. C. R.; SIMOES, D. R. S.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; Ciênc. Tecnol. Aliment. 2006, 26, 434.

FICAGNA, E. 2005. Influência do tempo de maceração na composição química do fermentado e do destilado de pêssego (*Prunus pérsica L Batsch, cv chiripa*). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

FORLIN, F. J. Maturação de aguardente de cana composta com extrato de Madeira de carvalho em embalagens de polietileno tereftalato (PET). 2005. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

FRANCO, A. C. 2008. Redestilação da Cachaça. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara –UNESP.

FRANCO, A. C.; ROTA, M. B., FARIA, J.B. 2009. A redestilação da cachaça e sua influência na qualidade sensorial. Alim. Nutr., v.20, n.2, p. 331-334.

GARCIA-LLOBODANIN, L. Potential of Blanquilla pear variety to produce pear spirits: Influence of the fermentation and distillation conditions in the final quality. Tese de Doutorado. Universitat Rovira i Virgili Spain, 2008. 187 p.

GARCIA-LLOBODANIN, L.; ACHAERANDIO, I.; FERRANDO, M.; GUELLE, C. AND LOPEZ, F. 2008. Pear Distillates from Pear Juice Concentrate: Effect of Lees in the Aromatic Composition. *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55, 3462-3468.

GARRUTI, D.S. Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju. 2001. 218f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

GEROYIANNAKIA, M., KOMAITISA, M.E., STAVRAKASA, D.E. POLYSIOUB, M. ATHANASOPOULOSA, P.E., SPANOSA, M. 2007. Evaluation of acetaldehyde and methanol in greek traditional alcoholic beverages from varietal fermented grape pomaces (*Vitis vinifera* L.). *Food Control*, 18(8):988-995.

GLATTHAR, J.; SENN, T.; PIEPER, H.J. 2001. Investigations on reducing the methanol content in distilled spirits made of Bartlett pears. *Dtsch. Lebensm.-Rundsch*, 97, 209-216.

GODOY, R. C. B. Estudo das variáveis de processo em doce de banana de corte elaborado com variedade resistente a Sigatoka-negra. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2010.

GRASSIN, C.; FAUQUEMBERGUE, P. Apple pomace liquefaction: a new technology. *Fruit Processing*, Oberhonnefeld, v. 12, p. 490-495, 1996.

GUIMARÃES FILHO, O.; *Avaliação da produção artesanal da aguardente de banana utilizando Saccharomyces cerevisiae CA-1174*. Lavras. Universidade Federal de Lavras, 2003. 82 p. (Tese de Doutorado UFLA).

GUTIERREZ, L.E. 1993. Produção de alcoóis superiores por linhagens de *Saccharomyces* durante a fermentação alcoólica. *Scientia Agricola*, 50: 464-472.

GUYMON, J.F. 1972. Higher alcohols in beverage brandy. *Wines*, v.53, n.1, p.37-40.

HAMMOND, J.R.M. 1995. Genetically-modified brewing yeasts for the 21st century. *Progress to date*. *Yeast*, 11(16): 1613-1627.

HANG, Y. D.*. WOODAMS, E. E. (2008) Methanol content of grappa made from New York grape pomace, *Bioresource Technology* 99 3923–3925.

HASHIZUME, T. *Biotechnology na Produção de Alimentos*; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W.; Lima, U. A., eds.; Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 2001, cap. 2.

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, L. F., ÚBEDA-IRANZO, J., GARCÍA-ROMERO, E., BRIONES-PÉREZ, A. 2005. Comparative production of different melon distillates: chemical and sensory analyses. *Food Chemistry*, 90(1):115-125.

HERNANDEZ-GOMEZ, L.F; UBEDA, J.; BRIONES, A. 2003. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods. *Food Chemistry* 82: 539-543.

HERNANDEZ-GOMEZ, L.F; UBEDA, J.; BRIONES, A. 2003. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods. *Food Chemistry* 82: 539-543.

IBGE. Censo Agropecuário. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=4&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1> Acesso em 20/08/2009.

IBRAF (Instituto Brasileiro de Frutas). www.ibraf.org.br Acesso em julho de 2008.

JANICK, J. Fruit breeding in the 21st century. *Acta Horticulturae*. 490:39-45. 1998.

JANZANTTI, N. S. *Compostos voláteis e qualidade de sabor de cachaça*. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. 2004. 179 p. (Tese, Doutorado em Ciência de Alimentos).

JENNINGS, D. H. 1984. Polyol metabolism in fungi. *Adv Microb Physiol.*, 25:149–193.

JESUS, S. A. et al. Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira. *Pesqui. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 40, p. 573-579, 2005.

KLIEBER, A., BAGNATO, N., BARRETT, R., SEDGLEY, M. 2002. Effect of post-ripening nitrogen atmosphere storage on banana shelf life, visual appearance and aroma. *Postharvest Biology and Technology*, 25:15–24.

LANZARINI, G.; PIFFERI, P. G. Enzymes in the fruit juice industry. *Biotechnology applications in beverage production*. London: Elsevier Applied Science, 1989, p. 189-222.

LARA, C. A. 2007. Produção de aguardente de banana: emprego de enzimas pectinolíticas e efeito de fontes de nitrogênio e quantidade de inóculo na formação de álcoois superiores. *Dissertação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais*, 74 p.

LEAUTE, R. 1990. Distillation in alambic. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.41, n.1, p.90-103.

LEME JÚNIOR, J. *Contribuição ao estudo da geleificação de frutas e do equilíbrio do gel péctico*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1968. 89 p. (Dissertação, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

LETHONEN, P. J., KELLER LADENA, A., ALI-MATILA, E. T. 1999. Multy method analysis of matured distilled alcoholic beverages for brand identification. *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung A*, 208: 413-417.

LEHTONEN, M.; JOUNELA-ERIKSSON, P. Volatile and nonvolatile compounds in the flavour of alcoholic beverages. In: PIGGOTT, J.R. *Flavour of distilled beverages: origin and development*. Florida: Verlag Chemie International, 1983. p.64-78.

LILLY, M. LAMBRECHES, M. G. & PRETORIUS IS (2000) Effect of increase yeast alcohol acetyltransferase activity on flavor profiles of wine and distillates. *Appl. Envirome. Microbiol.* 66: 744-753.

LIMA, A. J. B.; CARDOSO, M. G.; GUERREIRO, M. C.; PIMENTE, F. A. 2006. Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça. *Quím. Nova* vol.29 no.2

LIMA, Annete de J. Boari et al. Efeito de substâncias empregadas para remoção de cobre sobre o teor de compostos secundários da cachaça. *Quím. Nova* [online]. 2009, vol.32, n.4, pp. 845-848.

LOESECKE, H.W.V. Bananas: chemistry, physiology, and technology. New York: Chapman and Hall, 1950.

LONGO, L.; VELAZQUEZ, J.B.; SIERO, C.; CANSADO, J.; CALO,P.;VILLA, T.G. *Production of higher alcohols, ethyl acetate, acetaldehyde and other compounds by 14 Saccharomyces cerevisiae wine strains isolated from the same region. World. J. Microbiol. Biotechnol.*, v.8, p.539-541, 1992.

LOPES, F.C.P. Estudo da produção e avaliação físico-química e sensorial da aguardente de banana. Tese de Monografia – Centro Universitário de Belo Horizonte, UNI_BH, 2005.

LUCENA, V. G. O problema do cobre nas aguardentes. *Brasil Açucareiro*, v. 51, p. 14- 18, 1959

MACGOWAN, M.W., ARTISS, J.D., STRANDBERGH, D.R. & ZAK, B. 1983 A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clinical Chemistry* 29, 538-542.

MADRERA R. R.,VALLES, B.S.; HEVIA, A.G.;FERNANDEZ, O.G.; TASCOAN, N.F.; ALONSO, J.J.M. 2006. Production and Composition of Cider Spirits Distilled in “Alquitara”. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, P. 9992-9997.

MAIA, A.B.R. 1994. Secondary Compounds of cane sugar spirits. *STAB, Acucar, Alcool e subprodutos* 12: 29-34.1994.

MAIA, A.B.R. 2006. Tecnologia da Cachaca de Alambique. *SEBRAE-MG* 129p.

MASCARENHAS, G.C.C. 1999. Banana: comercialização e mercados. *Informe Agropecuário*, 20(196): 97-108.

MARRA, B. M. 2008. Avaliação de parâmetros operacionais e remoção de congêneres secundários tóxicos para melhoria da cachaça de qualidade de alambique. Tese de doutorado. Universidade de Brasília.

MEDINA, J. C.; TRAVAGLINI, D. A.; OKADA, M.; MORETTI, V. A. *Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos.* Campinas-SP, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1985. 423p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory evaluation techniques*. 2. ed. Florida: CRC Press, 1993. 354 p.

MERCK. 2001. The Merck Index. An encyclopedia of chemicals and drugs, 13th ed. Whitehouse Station, NJ.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v. 3, p. 426-428, 1959.

MUNIZ, C. R. BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; DE FREITAS, C.A.S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

MWESIGYE, P. K. OKUROTO, T. O. 1995. A survey of the production and consumption of traditional alcoholic beverages in Uganda. *Process Biochemistry*, Kampala, v. 30, n.6, p. 497-501.

NASCIMENTO JUNIOR, B.B. Efeito do 1-Metilciclopropeno sobre a emissão dos ésteres voláteis de bananas ao longo do amadurecimento. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1367-1370, 2008.

NEPA-UNICAMP (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação). Tabela brasileira de composição de alimentos. Versão II, 2 ed. Campinas: Fórmula Editora, 2006.

NETO, A. B. T. et al. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 489-492, 2006.

NYKÄNEN, L.; NYKÄNEN, I. Distilled beverages. In: MAARSE, H. (Ed). *Volatile Compounds In Food And Beverages*. New York: Marcel Dekker, Inc, 1991. p.548-580.

NÓBREGA. I. C. C. Análise dos compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do "headspace" e cromatografia gasosa-espectrometria de massas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 210-216, 2003.

NOGUEIRA, A. M. P; VENTURINI FILHO, W.G. Aguardente de Cana. Botucatu, 2005. Disponível em www.fca.unesp.br/intranet/arquivos/waldemar/Aguardente%20de%20Cana%20-Completo.pdf. Acesso em 20/fev de 2010.

NONATO, E.A.; CARAZZA, F.; SILVA, F.C.; CARVALHO, C.R.; CARDEAL, Z. de L. A headspace solid-phase microextraction method for the determination of some econdary compounds of Brazilian sugar cane spirits by gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.49, n.8, p.3533-3539, 2001.

NOVAES, F. V. Noções básicas sobre a teoria da destilação. 1994.ESALQ/Depto de Ciências e Tecnologia Agroindustrial, 22p. Piracicaba.

- Nunes, B. R. P. ; SILVA, F. L. H. 2007. Estudo da destilação de fermentado de fruta: cinética do processo e caracterização físico-química do produto. In: Anais IV Congress of Scientific Initiation of the Universidad Federal de Campina Grande, (Brazil), 10p.
- NYKANEN, L. NYKANEN, I. Distilled beverages. In: Maarse, H. (Ed.) Volatile compounds in food and beverages. New York: Marcel Dekker, INC., 1991. P.548-580.
- OKUNOWO, W. O., OKOTORE, R. O., OSUNTOKI, A. A. 2005. The alcoholic fermentative efficiency of indigenous yeast strains of different origin on orange juice. Afr. J. Biotechnol. 4(11):1290-1296.
- OKUNOWO, W. O., OSUNTOKI, A.A. 2007. Quantitation of alcohols in orange wine fermented by four strains of yeast. Afr. J. Biotechnol. 1(6):095-100.
- OLIVEIRA, E. S. *Utilização de enzimas em processos industriais*. Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 12-14, 2000, (apostila).
- OLIVEIRA, E. S., ROSA, CARLOS AUGUSTO, MORGANO, MARCELO ANTONIO, SERRA, GIL EDUARDO. 2004. Fermentation characteristics as criteria for selection of cachaça yeast. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 20(1): 19-24.
- OLIVEIRA, E.S. Características fermentativas, formação de compostos voláteis e qualidade da aguardente de cana obtida por linhagens de leveduras isoladas de destilarias artesanais. Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas, 2001. 135 p. (Tese, Doutorado em Tecnologia de Alimentos).
- OLIVEIRA, M. C. S. OLIVEIRA, SILVA, N. C.C., NOGUEIRA, A., WOSIACKI, G. Avaliação do método de liquefação enzimática na extração de suco de maçã. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 26(4): 906-915, 2006.
- PARAGGIO, M. AND FIORE, C. 2004. Screening *Saccharomyces cerevisiae* wine strains for the production of acetic acid. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 20: 743-747.
- PARAZZI, C. *Fermentação alcoólica com leveduras floculantes*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1995. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- PARFAIR, A., JOURET, C. 1975. Formation of higher alcohols in rum. Annales de , Technologie Agricole, 24: 421-36.
- PATARO, C.; GUERRA, J.B.; PETRILLO-PEIXOTO, M.L.; MENDONÇA-HAGLER, L.C.; LINARDI, V.R.; ROSA, C.A. Yeast communities and genetic polymorphism of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated with artisanal fermentation in Brazil. *J. Appl. Microbiol.*, v. 88, p. 1-9, 2000.
- QUAIN, D. E. Studies of yeast physiology-impact on fermentation performance and product quality. J. INST. BREW. Vol. 95, no. 5, pp. 315-323. 1988.

QUEROL, A.;BARRIO, E.;RAMON, D.A. A comparative study of different methods of yeast strain characterization. *Syst. Appl. Microbiol.*,v. 15, p.439-446, 1992.

RADLER, F.; SCHUTZ, H. 1982. Glycerol production of various strains of *Saccharomyces*. *American Journal of Enology and Viticulture*, 33(1): 36-40.

RANKINE, B.C., BRIDSON, D.A. 1971. Glycerol in Australian wines and factors influencing its formation. *American Journal of Enology and Viticulture*, 22: 6–12.

RECHE, R. V., FRANCO, D. W. (2009). Distinção entre cachaças destiladas em alambiques e em colunas usando quimiometria. *Química Nova*, vol 32, No. 2, 332-336.

REED, G. & NAGODAWITHANA, T.W., (1991), *Yeast technology*. New York: An avi Book Pub-lished by Nostrand Reinhold. Cap. 5, p. 225-259: Distiller's yeasts.

RIBEIRO, C. A. F., HORII, J. Potencialidades de linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana. *Sci. agric.* vol.56 n.2 Piracicaba-Sp. 1999. 7p.

Ribeiro, C.A.F. 1997 Potencialidades de diferentes linhagens de levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* na tecnologia de cachaça de cana. Dissertação de Mestrado, Esalq, Piracicaba, Brasil.

RIVERA-ESPINOZA, Y., VALDEZ-LOPEZ, E. e HERNANDEZ-SANCHEZ, H. Characterization of a wine-like beverage obtained from sugarcane juice. 2005. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* (2005) 21:447–452

ROMANO, P. SUZZI, G., COMI, G. & ZIRONI, R. 1992. Higher alcohol and acetic acid production by apiculate wine yeast. *Journal of applied Bacteriology* 73, 126-130.

ROMANO, P., SUZZI, G., DOMIZIO, P., FATICHENTI, F. 1997. Secondary products formation as a tool for discriminating non-*Saccharomyces* wine strains. *Antonie van Leeuwenhoek*, 71(3):239-242.

ROSE, A. H. Alcoholic beverages. In: ROSE, A. H. *Economic microbiology*. Londres; Academic Press, 1977.v.1, 760p.

ROTA, M. B. & FARIA, J. B. Efeito do processo de bidestilação na qualidade sensorial da cachaça. *Alimentos e Nutrição*; v.20, n.1, p. 121-127, 2009.

ROTA, MICHELLE BOESSO. 2008. Efeito da Bidestilação na Qualidade Sensorial da Cachaça. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara. SP.

S.N.F. Bruno, D.S. Vaitsman, C.N. Kunigami, M.G. 2007. Influence of the distillation processes from Rio de Janeiro in the ethyl carbamate formation in Brazilian sugar cane spirits

Food Chemistry, Volume 104, Issue 4, Pages 1345-1352

SALDANHA, Edna Maria; Bibliografia Brasileira de banana; Brasília-DF, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 1986. 257p.

SALIK, F. L. M.; POVOK, N. P. Método espectrofotométrico para determinação de teores alcoólicos em misturas hidroalcoólicas. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5, 1993, Águas de São Pedro. Anais. Piracicaba: STAB, 1993. p.695-698, 2006.

SALTON, M. A.; Daudt, C. E.; RIZZON, L. A.; *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2000**, 20, 302.

SALVIANO, A.T.M.; AMARAL, C.R.S.; LUCENA, J. E.; MOREIRA, R. T.; NOBREGA, I.C. Elaboração e Aceitação Sensorial de Uma Aguardente Bi-distilada de Jaca (*Artocarpus Heterophilus* Lam). Anais dall JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA Bananeiras, 2007. CFT/UFPB.

SAMSON, J.A. Tropical Fruits. London: William Clowes & Sons, 1980.

SANNI, A.I.; LONNER, C. *Identification of yeast isolated from Nigerian traditional alcoholic beverages. Food Microbiol.*, London, v.10, p.517-523, 1993.

SANTOS, K. M. P. A atividade artesanal com fibra de bananeira em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira – SP. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

SANTOS, S. C., ALMEIDA, S. S., TOLEDO, A. L., SANTANA, J. C. C., SOUZA, R. R. 2005. Elaboração e Análise Sensorial do Fermentado de Acerola (*Malpighia Punicifolia* L.) Braz. J. Food Technol., 5º SIPAL.

SANTOS, S. C; ALMEIDA S. S.; TOLEDO A., L. SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. Making and Sensorial Analysis of *Malpighia Punicifolia* L. Wine. Brazilian Journal of Food Technology. (47-50).

SANTOS, M. C. R. 2009. Quantificação e remoção de íons cobre em aguardente de cana de açúcar. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia de Maua –Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

SAUVAGEOT, N.; Gouffi, K.; Laplace, J. M.; Auffray, Y.; *International Journal of Food Microbiology* 2000, 55, 167.

SCHULLER, D., ALVES, H., DEQUIN, S., CASAL, M. (2005). Ecological survey of *Saccharomyces cerevisiae* strains from vineyards in the Vinho Verde Region of Portugal. *FEMS Microbiology Ecology*, 51(2):167-177.

SCHWAN, R. F.; CASTRO, H. A. 2001. Produção de aguardente de cana de açúcar. In: Cardoso, M. das G.(Ed.)UFLA. P.113-126.

SILVA, C. L. C., ROSA, C. A., OLIVEIRA, E. S. (2006). Studies on the kinetic parameters for alcoholic fermentation by flocculant *Saccharomyces Cerevisiae* strains and non-hydrogen sulfide-producing strains. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22: 857-863.

SILVA, C. S. et al. 2004. Avaliação econômica das perdas de banana no mercado varejista: Um estudo de caso. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v. 25, p. 229 -234, 2004.

SILVA, C.L.C. Seleção de linhagens floculantes de *Saccharomyces cerevisiae* e sua influência nos parâmetros cinéticos de fermentação e qualidade da cachaça. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. 98 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).

SILVA, E. F. (2004). Obtenção de Aguardente de Banana em Micro -Escala: Caracterização do Processo e do Produto. Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos, Federal University of Paraíba, 112p.

SILVA, M. B. L., CHAVES. B. P., LELIS, V. G., ALVARENGA, L. M., ZUIM, D. R., SILVA, P. H. A. (2009). Qualidade Físico Química e Sensorial de aguardentes de polpa de banana e banana integral submetidas a hidrólise enzimática. Alim. Nutr., 20(2): 217-221.

SILVA, N. C. C. Produto vinificado espumante de maçã obtido com células imobilizadas. 1997, 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, P. H. A.; FARIA, F. C.; TONON, B.; MOTA, S. J. D.; PINTO, V. T. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE JABUTICABA (*Myrciaria jabuticaba*). *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 3, 595-600, 2008.

SILVA, S.O.; ALVES, E.J.; SHEPHERD, K.; DANTAS, J.L.L. Cultivares. In: ALVES, E.J. (Org.). A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2 ed. Brasília: Embrapa, 1999. p. 85-105.

SILVA, S.O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; CORDEIRO, Z.J. Variedades. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. (Ed.). O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. p. 45-58.

SIMÃO, L.O.; MAIA, A.B.; ALVES, J.G. Avaliação do Tratamento Enzimático com Pectinase na Produção de Aguardente de Manga. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS, 2005. Resumos... Belo Horizonte, 2005.

SOUFLEROUS, E. H., MYGDALIA, A. S. & NATSKOULIS, P. (2003). Characterization and safety evaluation of the traditional Greek fruit distillate “Mouro” by flavor compounds and mineral analysis. *Food Chemistry*, 86:625–636.

SOUFLEROUS, E., BERTRAND, A. (1987). Etude sur le “Tsipouro”, eau-de-vie de marc traditionnelle de Grece, precurseur de l’ouzo.. *Conn Vigne Vin*, 21(2): 93-111.

SUOMALAINEN, H. ; LEHTONEN, M. The production of aroma compounds by yeast. *Journal of the Institute of Brewing*, London, v. 85, p. 149-156, 1979.

- SUOMALAINEN, H. Yeast esterases and aroma esters in alcoholic beverages. *Journal of the Institut of Brewing*, London, v.87, p. 296-300, 1981.
- SUOMALAINEN, H. Yeast esterases and aroma esters in alcoholic beverages. *Journal of the Institute Brewing* , London, v., p. 164-177, 1971.
- STANISLAU, B.J., KETZER, D.C.M., ANDRADES, G.R.R., GOBO, A.B. (2006). Composição Química da Cachaça Produzida na região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(4): 793-798.
- STONE, H.; SIDEL, J. *Sensory evaluation practices*. 2nd ed. New York: Academic, 1993. 338p.
- STOVER, R. H.; SIMMONDS, N. W. *Bananas*. 3 ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1987.
- SUOMALAINEN, H. 1971. Yeast and its effect onn the flavour of alcoholic beverages. *Journal of the Institute of Brewing*, v.77, n.2, p.164-177.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*, 3. ed. Porto Alegre: Artmed , 2004. 719p.
- TEIXEIRA, L. J. Q. Avaliação Tecnológica de um processo de produção de licor de banana. 81 p. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- THOMPSON, A.K. Banana processing. In: GOWEN, S. *Bananas and plantains*. London: Chapman & Hall, 1995. p. 481-492.
- TOMOYUKI N., TATSURO M., HIROYA Y., YASUYOSHI S., NOBUO K, NOBORU T (2000). A Methylo trophic Pathway Participates in Pectin Utilization by *Candida boidinii*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66(10):4253-4257.
- TORRES-NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; HONORATO DA SILVA, F. L.. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale L.*) *Quím. Nova* vol.29 no.3 São Paulo, 2006.
- UENOJO, Mariana, PASTORE, Glauca Maria. Pectinases: Aplicações Industriais e Perspectivas. *Química Nova (Online)*. , v.30, p.388 - 394, 2007.
- VALLE, R.H.P. Cinética de crescimento e produção de pectina liase por *Penicillium griseoroseum*. Viçosa, Universidade federal de Viçosa, 2000. (Tese, Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- VENTURINI FILHO, W. G. . *Bebidas Alcoólicas – Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Blucher. 2010. 461 p.
- VILLANUEVA et al. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference* 16 (2005) 691–703.

YANG, R. T.; Adsorbents: fundamentals and applications, Ed. John Wiley: cidade?, 2003, p. 79-273.

ZHANG, A., CHEN, X. (2008). Improve Ethanol Yield Through Minimizing Glycerol Yield in Ethanol Fermentation of *Saccharomyces cerevisiae*. Chinese Journal of Chemical Engineering, 16(4):620-625.

ZHANG, P., ROY L. WHISTLER, JAMES N. BEMILLER, BRUCE R. HAMAKER. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review. Carbohydrate Polymers, 59(4): 443-458.

ZIMMERMANN, H.W. 1963 Studies on the dichromate method of alcohol determination. American Journal of Enology and Viticulture 14, 205–213.

